Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München

Systemische Erfassung von unerwünschten Ereignissen bei Mensch-Maschine-Interaktionen

Bernd Linsenmaier

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen
der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Walter

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Heiner Bubb

2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gottfried Sachs, i. R.

Die Dissertation wurde am 10. März 2005 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 24. November 2005 angenommen.

KURZFASSUNG

Systematische Ursachen für unerwünschte Ereignisse, wie etwa Unfälle in der Arbeitswelt, lassen sich mit ausreichender Aussagekraft nur durch eine vergleichende Auswertung vieler Ereignisse bestimmen. Zu diesem Zweck wird eine Methode zur Erfassung von Ereignissen entwickelt, mit der die anfallenden Daten möglichst unabhängig von spezifischen Gegebenheiten und den Einflüssen der erfassenden Personen dokumentiert werden. Dabei wird das allgemeine Mensch-Maschine-System als Grundlage für das Abbildungsmodell genutzt und so eine ganzheitliche und branchenübergreifende Betrachtung von Ereignissen ermöglicht. Die Methode wird als computergestütztes Erfassungswerkzeug realisiert und exemplarischen Versuchen unterzogen, aus denen Aussagen über die Anwendbarkeit des Werkzeugs, die erzielte Güte und die Vergleichbarkeit der Ergebnisberichte abgeleitet werden.

ABSTRACT

Systematic causes for undesirable events, such as accidents at work, only can be determined by a comparative evaluation of many events with sufficient validity. A method for the recording of such events is developed, with which the collected data are documented as independently as possible of specific situations and influences of the recording persons. The general man machine system is used as basis for the description model, with that a holistic and interdisciplinary analysis of events gets possible. The method is carried out as computer-assisted recording tool and is subject to exemplary tests, from which statements are derived about the applicability of the tool and the obtained quality and comparability of the generated reports.

Systemische Erfassung von unerwünschten Ereignissen bei Mensch-Maschine-Interaktionen
Bernd Linsenmaier
Dissertation am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München
Garching, 2006

ISBN 3-00-018287-X

Anschrift des Autors:

Bernd Linsenmaier
Kirchstr. 42
D-71334 Waiblingen
mail@linsenmaier.com

ZUSAMMENFASSUNG

Gegenstand dieser Arbeit ist die Erfassung von unerwünschten Ereignissen in beliebigen Umgebungen und Situationen der menschlichen Arbeitswelt. Dazu zählen zunächst alle Unfälle mit Sach- oder Personenschaden, aber auch Beinaheunfälle, Arbeitsfehler oder technische Ausfälle. Mit der hier erarbeiteten Methodik werden solche Ereignisse systemisch erfasst, d. h., es wird das gesamte Arbeitssystem und nicht nur einzelne Aspekte daraus betrachtet. Auf diese Weise wird von dem Geschehen über den ereignisrelevanten Zeitraum hinweg ein umfassendes Abbild erstellt. Dabei wird aber jede analytische Bewertung vermieden: Es wird festgehalten, „was passiert ist“ und „welche Umstände“ dies begleitet haben. Es wird *nicht* gefragt, „warum“ es dazu kam bzw. welche Ursachenzusammenhänge eine Rolle gespielt haben. Mit dieser weitgehend wertungsfreien Darstellung der Sachverhalte wird angestrebt, dass nachfolgende Analysen unvoreingenommen durchgeführt werden können. Damit können auch alternative oder zukünftige Bewertungsmethoden in diesen Ereignisdokumentationen möglichst neutrale Datenquellen vorfinden. Durch eine abfragende Erfassungsmethodik wird die Vollständigkeit und Detailliertheit der Datenerhebung gefördert und damit die inhaltliche Güte der Darstellung erhöht. Die vorgegebene Beschreibungsstruktur liefert den Rahmen der Erfassung und gewährleistet, dass subjektive Einflüsse der erfassenden Personen auf die Ereignisdarstellung auf ein Minimum reduziert werden und eine einheitliche Dokumentation erfolgt. Dies hat den Vorteil, dass Ereignisse aus unterschiedlichen Arbeitsbereichen oder unterschiedlicher Komplexität einer direkten und tief gehenden Vergleichsanalyse unterzogen werden können. Wegen der zunehmenden Bedeutung des „menschlichen Einflusses“ bei unerwünschten Ereignissen wird dieser bei der Erfassung besonders berücksichtigt.

Im gegenwärtigen Arbeitsalltag wird nach dem Auftreten eines unerwünschten Ereignisses üblicherweise das Ziel verfolgt, dass sich dieses Ereignis nicht wiederholt. Zu diesem Zweck wird das einzelne Ereignis qualitativ ausgewertet, wobei sich die Analysetiefe an branchenspezifischen Mindestforderungen orientiert. Ein detaillierter analytischer Vergleich von verschiedenen Ereignissen findet gewöhnlich nicht statt. Durch Einzelanalysen kann aber prinzipiell nicht unterschieden werden, ob eine gefundene Ursache nun zufälliger oder systematischer Natur ist. Eine solche Einteilung basiert meistens auf der Einschätzung von zu Rate gezogenen Experten. Sinnvolle Gegenmaßnahmen sind nur dann bestimmbar, wenn bekannt ist, ob eine Ursache systematisch oder zufällig zu einem Ereignis geführt hat. Systematische Ursachen lassen sich gezielt angehen, während bei zufälligen Fehlern nur deren Auswirkungen mit Hilfe von Toleranzkonzepten abgemildert werden können. Eine sichere Unterscheidung wird aber erst durch eine quantitative Auswertung vieler Ereignisse möglich. Vergleichende Betrachtungen werden meist nur auf übergeordneter Ebene durchgeführt, beispielsweise um Häufigkeiten von allgemeinen Ursachen wie Alkoholeinfluss, Wegeunfall oder technischen Ausfällen zu gewinnen. Tief gehende Vergleiche von Ereignissen finden derzeit nur selten und nur in kritischen Bereichen mit hohen Sicherheitsauflagen statt. Ein Grund für die geringe Verbreitung von detaillierten Vergleichsanalysen mag darin liegen, dass verschiedene Ereignisse auf den ersten Blick oftmals schwer miteinander vergleichbar sind. In der Tat ereignen sich Unfälle in verschiedenen Situationen, bei verschiedenen Arbeiten und in unterschiedlichsten Umgebungen. Ein Vergleich über verschiedene Fachgebiete hinweg scheint dabei noch weniger möglich zu sein. Trotzdem zieht sich durch fast alle Ereignisse ein roter Faden: der Mensch bzw. der menschliche Einfluss. Aus dem Blickwinkel des arbeitenden Menschen, der mit einer Handlung oder einem Verhalten eine Aufgabe zu erfüllen versucht, wird es möglich, auch noch so verschiedene Ereignisse ähnlich und damit vergleichbar zu beschreiben, wie diese Arbeit zeigen wird.

Einführend wird die gängige Praxis der Ereigniserfassung anhand von vier exemplarischen Bereichen betrachtet. Anschließend werden allgemeine theoretische Grundlagen und Anforderungen an die Ereigniserfassung erarbeitet. Darauf aufbauend wird eine Methode für den Abbildungsprozess entwickelt und als rechnergestütztes Erfassungswerkzeug realisiert. In einem repräsentativen Versuch wird getestet, wie sich das Werkzeug für die Erfassung eignet, wie gut die Versuchspersonen es handhaben und welche Güte die erzeugten Ereignisdarstellungen aufweisen. Hierbei wird insbesondere den Fragen nachgegangen, wie ähnlich ein bestimmtes Ereignis von verschiedenen Personen beschrieben wird und wie gut das Ergebnis mit der Erwartung übereinstimmt? Anhand des Versuchsergebnisses wird die Anwendbarkeit des Erfassungswerkzeuges diskutiert, weiteres Entwicklungspotenzial aufgezeigt und zusätzliche Einsatzmöglichkeiten angedacht.

DANK

An dieser Stelle sage ich ein herzliches Dankeschön an alle, die mich bei dieser Arbeit unterstützt haben!

Insbesondere gilt mein Dank Herrn Prof. Heiner Bubb für seine Betreuung als Doktorvater, Herrn Prof. Gottfried Sachs für die Erstellung des zweiten Gutachtens, Herrn Prof. Ulrich Walter für der Übernahme des Prüfungsvorsitzes und Herrn Dr. Oliver Sträter für seine fachliche Begleitung und die Möglichkeit, an seine Arbeit anzuknüpfen.

Weiter sage ich Dank den Mitarbeitern des Lehrstuhls für Ergonomie der TU München, den Mitgliedern der VDI-Arbeitsgruppe „Menschliche Zuverlässigkeit und Sicherheit“, den Akademischen Fliegergruppen der Universitäten von München und Stuttgart und nicht zuletzt meiner Familie.

"Um mehr zu lernen, müssen wir eine positive und sogar dankbare Einstellung gegenüber der Entdeckung unserer Fehler entwickeln. Denn die Möglichkeit des Wachstums und des Fortschritts unseres Wissens beruht hauptsächlich darauf, dass wir aus den Fehlern, die wir machen, lernen - wie aus dem Fall eines Kindes, das gehen und sprechen lernt, ziemlich klar hervorgeht."

Karl Popper

"Some significant pieces of information in the vast stream of data being collected were overlooked, some were not recognized as potentially significant at the time and therefore not disseminated, ..."

9/11 Congressional Report

INHALTSVERZEICHNIS

Kurzfassung ... **ii**

Abstract ... **ii**

Zusammenfassung ... **iii**

Dank ... **iv**

Inhaltsverzeichnis ... **vi**

Abbildungsverzeichnis ... **viii**

Tabellenverzeichnis ... **x**

Abkürzungsverzeichnis ... **xi**

1. Einleitung ... **1**
1.1 Worüber es in dieser Arbeit geht ... 1
1.2 Ereigniserfassung ... 5
1.3 Ereigniserfassung in der Praxis ... 6
1.3.1 Straßenverkehr ... *6*
1.3.2 Arbeitssicherheit ... *11*
1.3.3 Zivile Verkehrsluftfahrt ... *13*
1.3.4 Kernkrafttechnik ... *15*
1.4 Zusammenfassung ... 18

2. Entwicklung des Ansatzes der Erfassungsmethode ... **20**
2.1 Grundsätzliches ... 20
2.1.1 Erfassungsbeeinflussende Ereigniskriterien ... *21*
2.1.2 Ereignisdrehbuch ... *21*
2.1.3 Befragung bzw. Beschreibung ... *22*
2.1.4 Wertungsfreiheit ... *24*
2.2 Gütekriterien ... 25
2.3 Praktikabilität ... 27
2.4 Abbildungsziel ... 27
2.5 Untersuchungsplan ... 29

3. Entwicklung der Erfassungsmethodik ... **30**
3.1 Ansatz ... 30
3.2 Beschreibungsstruktur ... 30
3.2.1 Satzstruktur ... *32*
3.2.2 Ereignisstrukturierung ... *33*
3.3 Beschreibungsprozess ... 34
3.3.1 Unterteilung ... *35*
3.3.2 Strukturierung ... *37*
3.3.3 Zuordnung ... *40*
3.3.4 Satzbildung ... *43*
3.3.5 Begriffsauswahl und -beschreibung ... *46*
3.3.6 Gesamtprozess ... *52*
3.4 Unterstützung der Ereigniserfassung ... 54
3.4.1 Freiheit der individuellen Vorgehensweise ... *55*
3.4.2 Erstellung von Unterereignissen ... *56*
3.4.3 Dateneingabe ... *57*

3.4.4 Fehlerkontrolle ... *58*
3.4.5 Allgemeine Hilfefunktion und Dokumentation ... *59*
3.4.6 Fazit ... *59*

4. Realisierung des Erfassungswerkzeugs ... **60**
4.1 Allgemein ... 60
4.1.1 Übersichtsfenster ... *60*
4.1.2 Dateneingabefenster ... *62*
4.2 Programmeinstieg ... 64
4.3 Eingabemasken ... 67
4.3.1 Situation ... *69*
4.3.2 Umgebung ... *70*
4.3.3 Aufgabe / Ziel ... *71*
4.3.4 Aktive Person ... *73*
4.3.5 Handlung ... *73*
4.3.6 Arbeitsobjekt/-mittel ... *75*
4.3.7 Rückmeldung ... *76*
4.3.8 Informations-Eingang ... *77*
4.3.9 Informations-Ausgang ... *78*
4.3.10 Ergebnis ... *79*
4.3.11 Baumstruktur ... *80*
4.3.12 Kopierfunktion ... *81*
4.4 Datenausgabe ... 82

5. Untersuchungen zum Beschreibungsprozess ... **83**
5.1 Untersuchungsgegenstand ... 83
5.2 Vorversuche ... 83
5.3 Hauptversuch ... 85
5.3.1 Allgemein ... *85*
5.3.2 Versuchspersonen ... *85*
5.3.3 Versuchseinführung ... *86*
5.3.4 Versuchsereignisse ... *91*
5.4 Allgemeine Ergebnisse ... 96
5.4.1 Zeitlicher Aufwand ... *96*
5.4.2 Schwierigkeit der Eingabe ... *98*
5.4.3 Übungseffekt ... *98*
5.5 Auswertungen mit Blick auf Reliabilität und Validität ... 99
5.5.1 Auswertung der Unterteilung und Strukturierung ... *99*
5.5.2 Auswertung der Zuordnung ... *110*
5.5.3 Auswertung der Satzbildung und Begriffswahl ... *118*
5.5.4 Nutzen der Versuchsergebnisse ... *132*

6. Zusammenfassung der Ergebnisse, Diskussion und Ausblick ... **133**
6.1 Ausgangsproblem und Lösungsansatz ... 133
6.2 Erfahrungen mit dem Erfassungswerkzeug ... 134
6.3 Fazit ... 139
6.4 Ausblick ... 139

Literaturverzeichnis ... **140**

Anhang ... **143**

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1-1: Verteilung der vom Statistischen Bundesamt in Deutschland angegebenen „Menschlichen Ursachen“ bei Straßenverkehrsunfällen im Jahr 2001 8
Abbildung 1-2: Verkehrsunfallentwicklung in der Stadt Stuttgart in den Jahren 1995 bis 2001 9
Abbildung 1-3: Verteilung der Ursachen bei Unfällen in der zivilen Verkehrsluftfahrt im Jahr 1999 (Quelle: IATA JET SAFETY REPORT 1999) 14
Abbildung 1-4: Ursachen für menschliches Fehlverhalten bei Flugunfällen im Jahr 1999 (Quelle: IATA JET SAFETY REPORT 1999) 14
Abbildung 1-5: Anzahl meldepflichtiger Ereignisse in deutschen kerntechnischen Anlagen in den Jahren 1991-2003 (BFS, 1992-2004) 17
Abbildung 3-1: Mensch-Maschine-System zur Beschreibung menschlicher Handlungen in CAHR (Quelle: STRÄTER, 1997) 31
Abbildung 3-2: Die Satzstruktur des Ereignisanalyseverfahren CAHR 32
Abbildung 3-3: Ein- und Ausgänge des Mensch-Maschine-Systems, wie sie in CAHR verwendet werden. (Quelle: STRÄTER, 1997) 33
Abbildung 3-4: Ereigniszerlegung bei der Beschreibungsstruktur von CAHR (Quelle: STRÄTER, 1997) 34
Abbildung 3-5: Völlig freie Strukturierung eines Ereignisses mit mehreren Unterereignissen (Mensch-Maschine-Systeme) 39
Abbildung 3-6: Chronologische Unterteilung und Strukturierung eines Gesamtereignisses in Unterereignisse 40
Abbildung 3-7: Das Mensch-Maschine-System, wie es für die Methode als allgemeines Arbeitsplatzmodell verwendet wird 41
Abbildung 3-8: Grundstruktur zur Speicherung von dynamischen Inhalten im menschlichen Gedächtnis, Quelle: BUBB in SCHMIDTKE (1993) 43
Abbildung 3-9: Satzstruktur zur Ereignisbeschreibung 43
Abbildung 3-10: Taxonomiestruktur für verschiedene Fachbereiche, MMS-Komponenten und Satzglieder (Ausriss) 49
Abbildung 3-11: Der gesamte Eingabeprozess als Flussdiagramm 52
Abbildung 3-12: Der Unterprozess „Satzeingabe“ als Flussdiagramm 53
Abbildung 4-1: Übersichtsfenster des Versuchswerkzeugs mit Ereignisstruktur 61
Abbildung 4-2: Dateneingabefenster für ein Unterereignis 63
Abbildung 4-3: Eingabe von „Aktiver Person“ und „Kategorie“ für ein neues Unterereignis 65
Abbildung 4-4: Ein Kästchen symbolisiert das neu angelegte Unterereignis im Ereignisübersichtsfenster (Ausschnitt) 65
Abbildung 4-5: Übersichtsfenster mit vorbereiteter Ereignisstruktur 66
Abbildung 4-6: Das Arbeitsplatzmodell im Eingabefenster 68
Abbildung 4-7: Die Eingabemaske der MMS-Komponente „Situation“ 70
Abbildung 4-8: Die Eingabemaske der MMS-Komponente „Umgebungen“ 71
Abbildung 4-9: Die Eingabemaske der MMS-Komponente „Aufgabe/Ziel“ 72
Abbildung 4-10: Eingabemaske der MMS-Komponente „Aktive Person“ 73
Abbildung 4-11: Eingabemaske der MMS-Komponente „Handlung“ 74
Abbildung 4-12: Eingabemaske der MMS-Komponente „Arbeitsobjekt“ 75
Abbildung 4-13: Eingabemaske der MMS-Komponente „Rückmeldung“ 76
Abbildung 4-14: Eingabemaske der MMS-Komponente „Informationseingang“ 77
Abbildung 4-15: Eingabemaske der MMS-Komponente „Informationsausgang“ 78
Abbildung 4-16: Eingabemaske der MMS-Komponente „Ergebnis“ 79
Abbildung 4-17: Schema der Baumstruktur bei der Datendarstellung 80
Abbildung 4-18: Ein Unterereignis in der Baumstruktur des Erfassungswerkzeugs 81
Abbildung 5-1: Erstes Unterereignis beim Beispiel „Vogelschlag“: Auftreten der Störung 88
Abbildung 5-2: Zweites Unterereignis beim Beispiel „Vogelschlag“: Reaktion der Piloten 89

Abbildung 5-3: Die Daten des ersten Unterereignisses, wie sie in der Baumstruktur des Versuchswerkzeuges dargestellt werden. 90
Abbildung 5-4: Die Daten des zweiten Unterereignisses, wie sie in der Baumstruktur des Versuchswerkzeuges dargestellt werden 91
Abbildung 5-5: Ereignis „Fahrwerk“ als Abfolge von drei Mensch-Maschine-Systemen 93
Abbildung 5-6: Ereignis „Seitenwind“ als Abfolge von drei Mensch-Maschine-Systemen 95
Abbildung 5-7: Histogramme zur Bearbeitungsdauer 96
Abbildung 5-8: Bewertung des Zeitaufwands durch die Versuchspersonen 97
Abbildung 5-9: Subjektives Empfinden der Schwierigkeit der Ereigniserfassung in Abhängigkeit von Ereignis und Eingabereihenfolge 98
Abbildung 5-10: Subjektiver Übungseffekt bei der Ereigniseingabe 99
Abbildung 5-11: Verteilung der Häufigkeit der Anzahl der Unterereignisse 99
Abbildung 5-12: Beginn und Ende von Unterereignissen beim „Fahrwerk“: Auszählung der absoluten Häufigkeit, wie oft mit einem Informationsblock ein Unterereignis begonnen oder beendet wurde. 108
Abbildung 5-13: Beginn und Ende von Unterereignissen beim „Seitenwind“: Auszählung der absoluten Häufigkeit, wie oft mit einem Informationsblock ein Unterereignis begonnen oder beendet wurde. 108
Abbildung 5-14: Häufigkeitsverteilung (absolute Zahlen) der Zuordnung der Einzelinformationen zu den MMS-Komponenten beim Versuchsereignis „Fahrwerk“ 111
Abbildung 5-15: Häufigkeitsverteilung (absolute Zahlen) der Zuordnung der Einzelinformationen zu den MMS-Komponenten beim Versuchsereignis „Seitenwind“ 113
Abbildung 5-16: Verteilung der „Bordbuch“–Informationen auf die MMS-Komponenten 120
Abbildung 5-17: Häufigkeiten von Kombinationen von MMS-Komponenten zur Beschreibung des „Bordbuch“-Aspekts 121
Abbildung 5-18: Verteilung der „Autopilot“-Informationen auf die MMS-Komponenten 123
Abbildung 5-19: Kombinationen der MMS-Komponenten zur Beschreibung des „Autopilot“-Aspekts 124
Abbildung 5-20: Verteilung der „Evakuierungs“-Informationen auf die MMS-Komponenten 127
Abbildung 5-21: Kombinationen der MMS-Komponenten bei der Teilinformation „Evakuierung“ 127
Abbildung 5-22: Häufigkeit bestimmter Kombinationen von MMS-Komponenten bei der Evakuierung. (Der Buchstabe „X“ steht für eine beliebige Anzahl von übrigen Komponenten) 128
Abbildung 5-23: Versuchsbefragung zur Satzbildung und Begriffswahl 132
Abbildung A-1: Aufnahmeblatt der Polizei, bei Unfällen mit Sachschäden und höchstens geringfügiger Ordnungswidrigkeit 144
Abbildung A-2: Tatbestände (Rückseite des Aufnahmeblatts) 145
Abbildung B-1: Unfallanzeige der BERUFSGENOSSENSCHAFTEN (Quelle: www.hvbg-service.de) 146
Abbildung C-1: Das MMS als generisches Element zur Erfassung menschlicher Handlungen (aus STRÄTER (1997), S. 90, Bild 16) 147
Abbildung C-2: Beschreibung der Komponenten im MMS (aus STRÄTER, 1997, S. 92, Tabelle 13) 147
Abbildung C-3: Tabellarische Ereignisbeschreibung in CAHR (aus STRÄTER, 1997, S. 102) 148

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1-1: *So genannte* Ursachen für Verkehrsunfälle in Stuttgart im Jahr 2001 9
Tabelle 2-1: Versuchsplan zur Hauptuntersuchung 29
Tabelle 3-1: Leitfragen zu den Satzgliedern der jeweiligen Komponenten 45
Tabelle 3-2: Synonymisch verwendete Begriffe zum Leitwort „Auto“ 47
Tabelle 3-3: Beispiel „Kaffee kochen“ zur Begriffsbeschreibung 49
Tabelle 3-4: Satzbeschreibung, Beispiel „Motorsäge“, Sicht des Landwirts 50
Tabelle 3-5: Beispiel „Motorsäge“, Sicht des Herstellers 50
Tabelle 3-6: Beispiel „Motorsäge“, Sicht einer statistischen Erfassungsstelle 51
Tabelle 4-1: Vererbungsfolge bei der Kopierfunktion 82
Tabelle 5-1: Mittlere Dauer und Standardabweichungen beim Hauptversuch 97
Tabelle 5-2: t-Test zum Vergleich der Bearbeitungsdauer (D) 97
Tabelle 5-3: Mittelwert und Standardabweichung bei der Anzahl der Unterereignisse 100
Tabelle 5-4: Informationsblöcke beim Ereignis „Fahrwerk“ 100
Tabelle 5-5: Unterteilung des „Fahrwerk“-Ereignisses 101
Tabelle 5-6: Informationsblöcke beim Ereignis „Seitenwind“ 104
Tabelle 5-7: Chronologische Strukturierung des „Seitenwind“-Ereignisses[1] 105
Tabelle 5-8: Chi²-Test beim Ereignis „Fahrwerk“. Beobachtete Verteilung wird gegen eine Gleichverteilung und gegen eine Expertenlösung gestestet. 114
Tabelle 5-9: Chi²-Test beim Ereignis „Seitenwind“. Beobachtete Verteilung wird gegen eine Gleichverteilung und gegen eine Expertenlösung gestestet. 115
Tabelle 5-10: Abkürzungen für die Komponenten des Mensch-Maschine-Systems 119
Tabelle 5-11: Verteilung der Bordbuch-Informationen auf das MMS 119
Tabelle 5-12: Begriffswahl bei der Abbildung der Teilinformation „Bordbuch“ in den Komponenten „Aufgabe“ und „Handlung“. Pro Komponente und Satzglied ist der jeweils am häufigsten verwendete Begriff fett markiert. 121
Tabelle 5-13: Begriffswahl bei der Abbildung der Teilinformation „Bordbuch“ in den Komponenten „Arbeitsobjekt/-mittel“ und „Ergebnis“. 122
Tabelle 5-14: Nach Bedeutungen gruppierte Handlungen beim „Bordbuch“ 122
Tabelle 5-15: Verteilung der Autopilot-Informationen auf das MMS 123
Tabelle 5-16: Begriffswahl bei der Abbildung der Teilinformation „Autopilot“. Pro Komponente und Satzglied ist der am häufigsten verwendete Begriff fett markiert. 124
Tabelle 5-17: Blickwinkel und Detaillierungsgrad beim Aufgabenobjekt 125
Tabelle 5-18: Handlungsbegriffe nach Synonymisierung 125
Tabelle 5-19: Verteilung der Evakuierungs-Informationen auf das MMS 126
Tabelle 5-20: Begriffswahl bei der Abbildung der Teilinformation „Evakuierung“ ohne Synonymisierung und Wegfall von Begriffen 130
Tabelle 5-21: Begriffswahl bei der Abbildung der Teilinformation „Evakuierung“ nach Synonymisierung und Wegfall von Begriffen 131
Tabelle G-6: Übersicht zu den Bearbeitungszeiten beim Hauptversuch 156
Tabelle H-1: Zuordnung der Informationen zu den MMS-Komponenten beim Versuch ‚Fahrwerk’. 157
Tabelle H-2: Zuordnung der Informationen zu den MMS-Komponenten beim Versuch ‚Seitenwind’. 158
Tabelle I-1: Sätze, Begriffe und Beschreibungen beim ‚unterlassenen Bordbucheintrag’ 159
Tabelle I-2: Sätze, Begriffe und Beschreibungen beim ‚Abschalten des Autopiloten’ 163
Tabelle I-3: Sätze, Begriffe und Beschreibungen bei der ‚verzögerten Evakuierung’ 168
Tabelle J-1: Verteilung eines beispielhaften Zuordnungsversuchs mit zeilenweiser Berechnung der Gleichverteilungswerte (kursiv dargestellt) 176
Tabelle J-2: Ungünstige und günstige Erwartungswerte für den Chi²-Test 177
Tabelle J-3: Chi²-Test für die beobachtete Verteilung 177
Tabelle J-4: Bewertung der α-Fehlerwahrscheinlichkeiten 178

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AGL	Above Ground Level (Flughöhe über Grund)
AUF	Aufgabe / Absicht (MMS-Komponente)
AOM, A/O	Arbeitsobjekt/-mittel (MMS-Komponente)
A/P	Aktive Person (MMS-Komponente)
B	Besatzung
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
CAHR	Connectionism Assessment of Human Reliability
D	Dauer
ERG	Ergebnis (MMS-Komponente)
ft	feet (Fuß; Längeneinheit)
F/O, FO	Erster Offizier (First Officer, Luftfahrt)
H	Hypothese (Statistik)
HAN	Handlung (MMS-Komponente)
HF	Human Factor (Menschlicher Faktor)
HR	Human Reliability (Menschliche Zuverlässigkeit)
I/A	Informations-Ausgang (MMS-Komponente)
I/E	Informations-Eingang (MMS-Komponente)
IAEA	International Atomic Energy Association
IATA	International Air Transport Association
INES	International Nuclear Event Scale
K	Kapitän
LFZ	Luftfahrzeug
MMS	Mensch-Maschine-System
p	Wahrscheinlichkeit (Statistik)
PAX	Passagiere
PER	Person = Aktive Person (MMS-Komponente)
PF	Pilot Flying (Fliegender Pilot)
PNF	Pilot Non Flying (Nicht fliegender Pilot)
PPL	Privatpilotenlizenz
r	Korrelation (Statistik)
RMD	Rückmeldung (MMS-Komponente)
SIT	Situation (MMS-Komponente)
UDIS	Unfalldaten-Informationssystem
UE	Unterereignis
UMG	Umgebung (MMS-Komponente)
UTC	Universal Time Coordinated
V	Geschwindigkeit
V_1	Entscheidungsgeschwindigkeit (Luftfahrt)
VL	Versuchsleiter
VP	Versuchsperson
μ	Verteilung (Statistik)

1. EINLEITUNG

1.1 Worüber es in dieser Arbeit geht

Menschliche Arbeit, unerwünschte Ereignisse

In dieser Arbeit geht es um die Abbildung von Gegebenheiten der realen Welt auf ein wissenschaftliches Beschreibungsmodell. Bei diesen Gegebenheiten handelt es sich um unerwünschte Ereignisse aus der Arbeitswelt, insbesondere um solche, bei denen den beteiligten Personen ein fehlerhaftes Verhalten oder gar menschliches Versagen nachgesagt wird. Umgangssprachlich werden mit dem Begriff „Unerwünschte Ereignisse“ am ehesten Unfälle oder Beinaheunfälle in Verbindung gebracht. Aber dieser Begriff, der angesichts schwerer Unfälle vielleicht etwas verharmlosend klingt, soll für ein möglichst breites Spektrum an Ereignissen stehen. Zum Wesen der menschlichen Arbeit gehört es, dass Personen vorgegebene Aufgaben erfüllen oder bestimmte, auch selbst gestellte Absichten verfolgen. Meistens muss dieses Ziel durch geeignete Handlungen an Arbeitsobjekten oder aber auch durch ein bestimmtes Verhalten erreicht werden. Liegt schließlich der Ist-Soll-Vergleich des Arbeitsergebnisses außerhalb eines bestimmten Toleranzbereiches, so wurde die Aufgabe nicht erfüllt oder das Ziel nicht erreicht. In diesem Fall war das nun eingetretene Ergebnis ursprünglich nicht gewollt und somit liegt ein unerwünschtes Ereignis vor, das hier näher betrachtet werden soll. Komplexe Arbeitsprozesse bestehen meist aus Teilprozessen, die jeweils durch Teilaufgaben und entsprechende Teilergebnisse eingegrenzt werden können. Damit liegt dann, wenn nur ein Teilergebnis die Fehlertoleranzgrenze verletzt, ein unerwünschtes Teilereignis vor, das – bei entsprechend detaillierter Betrachtung – wiederum als ein einzelnes unerwünschtes Ereignis angesehen werden kann.

Gemeinsamkeiten verschiedenartiger Unfälle

Der Unterschied zwischen einem Arbeitsunfall mit einer kleinen Schnittwunde und einem spektakuläreren Tankerunglück, das vielleicht eine Umweltkatastrophe auslöst, kann im extremen Fall nur in den Folgen liegen, die ein auslösendes Ereignis nach sich zieht. In beiden Fällen können Menschen unter ähnlichen Umständen und aus prinzipiell gleichen Gründen an ihrer Aufgabe gescheitert sein. Für den Aufwand, mit dem die Ereignisuntersuchung betrieben wird, sind gegenwärtig häufig nur die tatsächlich eingetretenen Folgen maßgebend. Es gibt nun aber Bereiche, in denen es relativ selten zu schweren Unfällen kommt, wie etwa in der Luftfahrt. Von diesen wird jeder Einzelne mit immensem Aufwand untersucht und bis ins kleinste Detail geklärt, warum es dazu kommen musste. Verschiedene Flugunfälle scheinen auf den ersten Blick kaum untereinander vergleichbar zu sein. Mal prallen in der Luft zwei Maschinen zusammen, mal verfehlt ein Flugzeug bei schlechter Sicht die Landebahn, mal fängt ein Triebwerk Feuer oder ein Fahrwerk fährt nicht aus. Jedes einzelne Ereignis wird zwar für sich sehr genau untersucht, verschiedene Ereignisse aber nicht systematisch miteinander verglichen. Außer den statistischen Auswertungen nach allgemeinen Kriterien finden normalerweise keine Vergleichsanalysen statt. Nur in Ausnahmefällen werden systematische Vergleiche durchgeführt, bspw. wenn bei einer Serie von ähnlichen Unfällen auf eine gemeinsame Ursache hin geprüft werden muss. Andererseits gibt es wiederum Bereiche, in denen es vergleichsweise häufig zu Unfällen mit meist geringerer Folgenschwere kommt, wie etwa im Straßenverkehr. In diesem Bereich würden sich zwar quantitative Analysen anbieten, dies wird aber selten umgesetzt, weil hier der Untersuchungsaufwand in den meisten Fällen die eigentlichen Unfallkosten weit übersteigen würde. Fatalerweise verlieren bei Straßenverkehrsunfällen im gleichen Zeitraum weitaus mehr Menschen ihr Leben als bei Flugunfällen. Dabei gibt es durchaus Parallelen zwischen der Arbeit eines Piloten und der eines Autofahrers. Beide müssen ein System durch eine Umgebung bewegen, wobei ein ständiger Informationsaustausch zwischen Person und Umwelt notwendig ist. Piloten haben mit dem Flugzeug das komplexere System zu bedienen, Autofahrer bewegen sich dafür in einer komplexeren Umgebung. In beiden Bereichen ist aber menschliches Versagen die ausgewiesen häufigste Unfallursache. Warum sollte es also nicht möglich sein, Flugunfälle und Straßenverkehrsunfälle insbesondere hinsichtlich des menschlichen Versagens miteinander zu vergleichen? Gegenwärtig liegt dies sicher mit an der uneinheitlichen Beschreibung der Ereignisse und offenbar auch an einem mangelnden gegenseitigen Interesse. Ein Flugunfallbericht und ein ausgefülltes Aufnahmeformular über einen Verkehrsunfall haben nun einmal fast nichts gemeinsam. Zumal der

konkrete Nutzen, den ein systematischer Vergleich von Ereignissen aus beiden Bereichen mit sich bringen würde, zum momentanen Zeitpunkt noch schwer vermittelbar ist.

Zufällige und systematische Fehler

Hinsichtlich der Beobachtung von Fehlern wird in der Literatur häufig zwischen drei Arten unterschieden: zufällige, sporadische und systematische Fehler. In CHAPANIS (1951) werden diese drei Arten mit dem vielzitierten Beispiel von Einschusslöchern in Zielscheiben anschaulich erklärt: Streuen auf der Zielscheibe die Einschüsse um das Zentrum, beruhen die Abweichungen der einzelnen Treffer mit hoher Sicherheit auf zufälligen Fehlern. Weichen von einem sonst guten Trefferbild nur vereinzelte Schüsse stärker ab, dann werden diese als sporadische Fehler bezeichnet, wie sie etwa durch eine plötzliche Ablenkung oder einen kurzfristigen Konzentrationsmangel verursacht werden können. Liegt jedoch das gedachte Zentrum vieler Einschüsse nicht in der Zielscheibenmitte, so stellt diese Abweichung einen systematischen Fehler dar, wie er zum Beispiel durch eine falsche Einstellung am Visier entstehen kann. Es liegt auf der Hand, dass durch die Betrachtung eines einzigen Fehlschusses nicht zwischen einer zufälligen, sporadischen oder systematischen Abweichung unterschieden werden kann. Selbst ein Versuch mit nur wenigen Stichproben würde noch keine statistisch abgesicherte Aussage über die vorliegende Fehlerart zulassen. Erst eine vergleichende Analyse vieler Stichproben würde den genauen Typ ans Licht bringen. Das Erkennen systematischer Fehler hat den Vorteil, dass diese mit geeigneten Gegenmaßnahmen sehr effektiv angegangen werden können, weil meistens die zugrunde liegende Systematik ermittelt werden kann. Die Verhinderung von zufälligen oder sporadischen Fehlern ist praktisch unmöglich. Bei diesem Fehlertyp können nur dessen Auswirkungen mit übergeordneten Gestaltungskonzepten begrenzt oder abgemildert werden. Hierzu gibt es drei grundlegende Fehlertoleranzprinzipien, vgl. DUBBEL (1987) und BUBB (1999):

- Prinzip des *sicheren Bestehens (Safe-Life)*: Alle Bauteile und ihr Zusammenhang überstehen die gesamte Einsatzzeit bei allen wahrscheinlichen oder möglichen Vorkommnissen ohne ein Versagen oder eine Störung. Dies wird im Wesentlichen durch eine entsprechend robuste technische Auslegung von Systemkomponenten erreicht.
- Prinzip des *beschränkten Versagens (Fail-Safe)*: Versagen oder Störungen während der Einsatzzeit sind zulässig, aber es darf dabei zu keinen schwer wiegenden Folgen kommen. Ausfallmöglichkeiten müssen hinsichtlich ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit in der Auslegung berücksichtigt werden.
- Prinzip der *Mehrfachanordnung bzw. Redundanz*: Die Funktion des ausgefallenen Elements wird je nach Bedarf von einem weiteren parallel oder in Serie[1] angeordneten Systemelement übernommen. Redundante Systeme können zusätzlich auch *diversitär* ausgelegt sein. Diversität wird in der Praxis dadurch erzielt, dass gleiche Systemergebnisse durch unterschiedliche Funktionsprinzipien erreicht werden (z. B. Feuermachen mit Streichholz oder Feuerzeug) oder gleiche Systeme von unabhängigen Herstellern bezogen werden, um systematischen Fehlern entgegenzuwirken, die ihren Ursprung bereits bei Entwicklung oder Produktion hatten.

Als Strategie gegen menschliche Fehler muss hier der Vollständigkeit halber auch die *Automatisierung* erwähnt werden. Hierbei handelt es sich aber nicht um ein Prinzip der Fehlertoleranz, sondern um eine Minimierung von Fehlereinflussmöglichkeiten, insbesondere der des Menschen. Dabei soll der Mensch als Fehlerquelle ausgeschaltet werden, indem man ihn aus dem Regelkreis herausnimmt und er so erst gar nicht in die Lage kommen kann, einen Fehler zu machen. Die Rolle des Menschen verschiebt sich hierbei vom Bediener hin zum Überwacher. Auf die Vor- und Nachteile dieses Ansatzes wird später noch näher eingegangen.

In der Praxis wird gewöhnlich nur zwischen „systematischen Fehlern“ und „Einzelfehlern“ unterschieden, wobei bei Letzteren nicht zwischen sporadischen oder zufälligen Fehler differenziert wird. In der Regel wird ein Fehler bereits dann als „systematisch“ klassifiziert, wenn der Fehler in einem überschaubaren Zeitraum mehrmals aufgetreten ist, oder wenn es sich nach Meinung von Experten um einen solchen handelt.

Hinsichtlich der *Erklärung* von beobachteten menschlichen Arbeitsfehlern wird von SEIFERT (in BUBB, 1992) eine Unterscheidung dahingehend vorgeschlagen, dass ein systematischer Fehler dann

[1] Beispiel: Fluchtwege in Gebäuden führen oftmals parallel zu den normalen Wegen ins Freie, z. B. über eine Außentreppe. Dagegen sollen im Gefängnis hintereinander angeordnete verschlossene Türen mögliche ‚Fluchtwege’ seriell absperren.

vorliegt, wenn für ihn Erklärungsmodelle vorhanden sind, während alle anderen Fehler, für die zurzeit keine solche Modelle vorliegen, als zufällig bezeichnet werden müssen.

Branchenübergreifende Ereignisauswertung

Nach dem Eintritt eines Ereignisses werden in Unternehmen normalerweise erst dann vertiefte Einzelanalysen durchgeführt, wenn das Ereignis einen bestimmten Schweregrad erreicht hat. Die Höhe dieser Schwelle variiert je nach Branche. Quantitative Vergleiche der Ereignisse sind noch wenig verbreitet bzw. deren Ergebnisse noch kaum veröffentlicht. Die wenigen, die durchgeführt werden, kennzeichnen sich durch unterschiedliche Intentionen und Analysetiefen. Im Bereich der betrieblichen Arbeitssicherheit finden sich dazu oftmals Häufigkeitsverteilungen nach groben Kategorisierungen wie Unfall- oder Verletzungsart, die z. B. als monatliche Übersichten am schwarzen Brett ausgehängt oder in Jahresberichten veröffentlicht werden. Insgesamt lässt sich sagen, dass die Art und Weise des Umgangs mit Ereignissen aus den spezifischen Gegebenheiten der jeweiligen Branche abgeleitet werden kann. Ein Bereich mit wenigen schweren Unfällen, wie etwa die Kerntechnik oder die Luftfahrt, ist damit konfrontiert, dass die eher geringe Anzahl an Ereignissen kaum für statistisch abgesicherte quantitative Untersuchungen ausreicht. Aufgrund des Datenschutzes und der üblichen Geheimhaltung sensibler Daten haben Unternehmen in der Regel nur auf die eigenen Ereignisdaten ausreichenden Zugriff. Die Angst vor der Offenlegung vermeintlich imageschädigender Informationen ist wohl der Grund dafür, dass Unternehmen ihre Ereignisdaten oftmals lieber unter Verschluss halten. Dagegen kommt in Bereichen mit eher vielen kleinen, aber weniger folgenschweren Unfällen das Verhältnis zwischen Aufwand und gegenwärtigem Nutzen aus dem Gleichgewicht, wenn jedes einzelne Ereignis tief gehend erfasst und ausgewertet werden würde oder gar noch Vergleichsanalysen durchgeführt werden müssten. Gelänge es aber, mit einer einheitlichen und ganzheitlichen Beschreibungsmethode, Ereignisse aus verschiedenen Bereichen und mit unterschiedlicher Komplexität bzw. Datenlage so zu erfassen, dass diese ohne größeren Aufwand direkt miteinander verglichen werden könnten, so würden die genannten Bereiche gegenseitig voneinander profitieren. Jedes auf diese Weise erfasste Ereignis würde sowohl qualitativ als auch quantitativ einen Beitrag zum Verstehen von Ereignissen liefern und den Nutzen der Analysen vergrößern. Durch die Vielzahl der so zusammengetragenen Ereignisdaten könnten systematische Ursachen gezielt und mit belastbarer Sicherheit ermittelt werden. Das Prinzip „Aus Fehlern lernen“ würde stärker in den Mittelpunkt gerückt und die Kosten für den Untersuchungsaufwand ließen sich breiter verteilen. Ein Vorschlag einer solchen allgemeinen interdisziplinären Datenbank ist in STRÄTER (2002) beschrieben. Hierbei muss aber noch das Problem bewältigt werden, wie und in welcher Form Daten in diese Datenbank eingespeist werden können, um die quantitative Auswertbarkeit zu gewährleisten. Die vorliegende Arbeit befasst sich genau mit dieser Fragestellung und liefert einen Beitrag zur Lösung dieses Problems in Form einer Methode zur systemischen Erfassung von Ereignissen.

Der Mensch als gemeinsamer Faktor

So unterschiedlich die Rahmenbedingungen und Situationen bei Ereignissen auch sind, es zeichnet sich bereits bei oberflächlichen Vergleichen ein gemeinsamer Faktor ab: der arbeitende bzw. handelnde Mensch. Menschliches Versagen oder verhaltensbedingte Fehler werden zudem branchenübergreifend als Hauptursache für Unfälle angegeben, siehe Kapitel 1.3. Handlungsfehler in Arbeitssystemen haben zwar abhängig von Fachgebiet und situativen Umständen unterschiedliche Folgen, sind sich aber in ihren Grundprinzipien oft verblüffend ähnlich. Das menschliche Versagen ist eines der zentralen Probleme in der Arbeitswelt, das vielleicht gerade deshalb oftmals zu isoliert betrachtet wird. Fehlerhaftigkeit und Versagen gehören aber untrennbar zum Wesen des Menschen. Daran kann auch in absehbarer Zukunft nichts geändert werden. Aber bei genauer Betrachtung versagt der Mensch nicht für sich allein, sondern immer eingebettet in eine bestimmte Situation und unter den Einflüssen seiner Arbeitsumgebung. Damit *fehlt* genau genommen nicht der Mensch, sondern das gesamte System, in dem er eingebunden ist. Aus diesem Grund sollte bei vermutetem menschlichem Versagen der Mensch nicht isoliert betrachtet werden, sondern stets im Kontext seines Arbeitssystems. Nur so kann das Ereignis umfassend verstanden werden. Lautet das Ergebnis einer Ereignisuntersuchung lediglich „Menschliches Versagen“, so wurde die eigentliche, dahinter liegende Ursache noch nicht erkannt. Für eine wissenschaftliche Auswertung ist es in diesem Zusammenhang unabdingbar, die Ursachenfindung von der Klärung der Schuldfrage zu trennen. Die Ursachen liegen im System verborgen, Schuld kann aber letztlich nur einer bestimmten Person zugewiesen werden. Allein mit der Kenntnis der Schuld wird noch keine Ursache beseitigt und kein weiteres Ereignis verhindert werden. Im allgemeinen Arbeitssystem kann zwar meist eine einzelne

Person kurzfristig ausgewechselt werden, aber die grundsätzlichen Eigenschaften des Menschen bleiben unverändert. Auch die Bestrebungen, den Menschen als fehlerbehaftete Komponente aus dem Regelkreis des Arbeitssystems herauszunehmen, haben nicht den gewünschten Erfolg gebracht. Zwar sind so die negativen Einflüsse entfernt worden, aber damit standen auch die positiven Eigenschaften des Menschen nicht mehr unmittelbar zur Verfügung. Zusammengefasst hat der Mensch eine zentrale Rolle bei der Erfüllung von Arbeitsaufgaben. Es sind kaum Ereignisse denkbar, bei denen ein Mensch nicht früher oder später, direkt oder indirekt daran beteiligt ist, wie BUBB (2002) schreibt. Diese Erkenntnis kann dadurch für die Erfassung ausgenützt werden, dass der Mensch bzw. das menschliche Handeln eine zentrale Rolle bei der Ereignisbeschreibung erhält. Im optimalen Fall wird ein Ereignis dann durch die Brille des agierenden Menschen betrachtet und zu verstehen versucht.

Arbeitsziel

Das Ziel dieser Arbeit liegt in der Entwicklung einer Methode, mit der Ereignissachverhalte universell und ganzheitlich beschrieben werden können. Die Methode soll gewährleisten, dass Ereignisse möglichst zutreffend, vollständig, detailliert und einheitlich auf einem Beschreibungsmodell abgebildet werden. Weiter soll die Beschreibung des Ereignisses möglichst objektiv, also unabhängig von den subjektiven Einflüssen der abbildenden Personen erfolgen. Der Hintergrund für diese Forderung liegt darin, dass die Ereignisberichte für die nachfolgende Auswertung zwar in guter Qualität vorliegen müssen, Form und Inhalt der Beschreibung aber nicht zu personenabhängig sein darf, da dies die Aussagekraft einer quantitativen Analyse entsprechend einschränken würde. Die genannten Anforderungen können jedoch nicht vollständig erfüllt werden, da sie sich naturgemäß gegenseitig einschränken. Hohe Detailtiefe, die etwa bei einem freien Bericht möglich ist, geht zu Lasten der Einheitlichkeit. Dagegen lässt eine durch Ankreuzlisten erzielbare hohe Objektivität, der berichtenden Person kaum Spielraum in der Beschreibung. Es geht darum, ein Optimum zwischen Qualität und Einheitlichkeit zu finden. Bekanntermaßen ist kein Ereignis wie das andere. Die Datenlage ist bei Ereignissen unterschiedlich gut und enthält stets Lücken oder ist mit Ungenauigkeiten behaftet. Zudem macht es einen Unterschied, ob ein Ereignis von einem Experten oder von einem fachfremden Zeugen beschrieben wird. Ähnlich wird es Differenzen geben, die ihren Ursprung in unterschiedlichen Interessenlagen haben, wie etwa wenn Hersteller und Versicherungsvertreter einen Unfall jeweils aus ihrer Sicht beschreiben. Nun lässt es sich zwar nicht ändern, dass Wissen, Erfahrung und Interessen bei den meisten Menschen unterschiedlich ausgeprägt sind. Aber es sollte möglich sein, einen Abbildungsprozess zu schaffen, mit dem Ereignisse aus unterschiedlichen Fachgebieten möglichst fehlerfrei auf ein allgemeines Modell übertragen werden können. Und zwar derart, dass *n* verschiedene Beschreibungen, nicht zu *n* hinsichtlich Form und Inhalt verschiedenen Versionen führen, sondern eine bestimmbare und akzeptable Übereinstimmung vorliegt.

Beschreibungsstruktur

Als Beschreibungsstruktur, die den angeführten ganzheitlichen und universellen Anforderungen genügt, bietet sich aus mehreren Gründen, auf die später noch eingegangen wird, das arbeitswissenschaftliche Mensch-Maschine-System (MMS) an. Dieses Mensch-Maschine-System eignet sich in idealer Weise als Modellvorstellung für unterschiedlichste Arbeitsplätze. Theoretisch lässt sich jede beliebige Arbeitssituation auf dieses Modell abbilden. STRÄTER (1997) verwendet dieses Modell in seiner Arbeit über die Beurteilung menschlicher Zuverlässigkeit auf der Basis von Betriebserfahrung, um Ereignisse in Kernkraftwerken zu beschreiben und mit der Ereignisanalysemethode CAHR quantitativ auszuwerten. Er hat dazu eine Struktur entworfen, mit dem das Mensch-Maschine-System zur Beschreibung von Ereignissen verwendet werden kann. Auf dieser bereits existierenden Struktur basiert auch das in dieser Arbeit verwendete Beschreibungsmodell.

Abgrenzung

In dieser Arbeit geht es *nicht* um Techniken zur Ermittlung von Ereignissachverhalten, etwa wie diese im Rahmen der Ereignisuntersuchung ans Licht gebracht werden können. Die hier durchgeführte Erfassung schließt sich vielmehr an die Ermittlung der Sachverhalte an. Es wird nur am Rande auf die Bedingungen eingegangen, die bei der Befragung von Ereignisbeteiligten erfüllt sein sollten. Allerdings kann es sein, dass durch die spezielle Art der Dokumentation zusätzliche Fragen an die Datenermittlung gestellt werden, die notwendig sind, um die Beschreibung zu komplettieren. Dabei handelt es sich meistens um solche Daten, denen auf den ersten Blick keine Bedeutung zugemessen wird, die aber für die ganzheitliche Erfassung notwendig sind. Weiter geht es hier ebenfalls ausdrücklich *nicht* um die

Analyse oder Bewertung von Ereignisdaten. Es wird lediglich der Sinn und Zweck bestimmter Teile der Erfassungsmethodik anhand der nachfolgenden Auswertemöglichkeiten ansatzweise begründet. Dies wird vielleicht diejenigen enttäuschen, die den Nutzen dieser Arbeit erst am Ergebnis der quantitativen Ereignisauswertung messen wollen. Hierzu deshalb der Hinweis, dass mit den Daten innerhalb des Ereignismodells zunächst grundsätzlich alle statistischen Verfahren zur Häufigkeitsauswertung möglich sind. Damit können bei quantitativen Analysen zumindest Hinweise auf Problemschwerpunkte ermittelt werden, die ein Indiz für systematische Fehler sein können. Außerdem wird zu diesem weiter führenden Aspekt auf die Arbeit von STRÄTER (1997) verwiesen, in der ein konnektionistischer Ansatz beschrieben wird. Mit diesem werden aus den Ergebnissen der quantitativen Analyse Vorhersagen über die menschliche Zuverlässigkeit bei bestimmten Aufgaben und Umständen getroffen.

1.2 Ereigniserfassung

Keine vorschnellen Erklärungen

Ereignisse wie Unfälle oder Zwischenfälle werden im idealen Fall untersucht, weil „aus Fehlern gelernt“ werden soll. Es ist etwas passiert, was nicht hätte passieren dürfen und sich schon deshalb nicht wiederholen darf. Es muss also etwas dagegen getan werden. Aber um zu wissen was man tun soll, muss man erst wissen, warum es überhaupt dazu kommen konnte. Und davor muss geklärt sein, was eigentlich passiert ist. Dies ist eine Aussage, die weit weniger trivial ist, als sie vielleicht klingt. Bei Ereignisuntersuchungen liegt oft erheblicher Druck auf der schnellen Klärung der Ursachen. Sei es, weil sie keinen hohen Aufwand verursachen darf oder weil akute Erklärungsnot hinsichtlich des Geschehenen besteht. Ein solcher Erklärungsdruck kann aber bewirken, dass vorschnell "menschliches Versagen" ins Zentrum der Untersuchung gerückt wird, weil dieses nach verbreiteter Ansicht grundsätzlich eine mehr oder weniger große Rolle spielt und besonders Laien leicht vermittelt werden kann. Meist sogar noch zu einem Zeitpunkt, an dem der vermeintliche Schuldige noch mit einem Schock befragungsunfähig im Krankenhaus liegt. Der Einfluss der Medien bei öffentlichkeitswirksamen Ereignissen ist dabei nicht unerheblich. Ereigniserfassung erfordert jedoch höchste Sorgfalt. Jede Bewertung ist nur so gut wie die vorausgegangene Erfassung.

Ermittlung und Dokumentation

Unter „Ereigniserfassung“ werden im Allgemeinen zwei zusammengehörende, aber dennoch verschiedenartige Prozesse verstanden. Diese sind zum einen die Ermittlung von Ereignisdaten und zum anderen deren Dokumentation, also die Abbildung der Daten auf eine bestimmte Modellvorstellung, die auch nur eine bestimmte Berichtsform sein kann. Die Dokumentation bzw. Erfassung der Ereignisdaten ist nach deren Ermittlung immer der nachfolgende Schritt bei der Ereignisuntersuchung. Die Ereignisanalyse gehört nicht zur Erfassung. Sie kann im Grunde erst dann beginnen, wenn die Erfassung vollständig abgeschlossen ist und alle Sachverhalte berücksichtigt werden können. Die Bewertung findet dann nicht am tatsächlichen Ereignis, sondern anhand der davon generierten Modellvorstellung statt. Gegenstand dieser Arbeit ist nun genau diese Abbildung ermittelter Ereignisdaten auf ein solches Beschreibungsmodell. Auch wenn weiterhin von Erfassung gesprochen wird, liegt der Schwerpunkt hier auf der Dokumentation der Ereignisdaten und weniger auf deren Ermittlung. Der Abbildungsprozess ist sinnbildlich die Brücke von den realen Gegebenheiten zur modellhaften Vorstellung. Die vorhergehende Datensammlung wird von der Dokumentation dadurch beeinflusst, dass das Modell nach Daten verlangt, um zumindest formal vollständig und plausibel beschrieben zu sein. Die nachfolgende Auswertung sollte von der Erfassung möglichst nicht beeinflusst werden.

Auftretens- und ursachenorientierte Klassifizierung

Bei der Ereigniserfassung sollte ausschließlich festgestellt werden, was passiert ist und welche Umstände das Geschehen begleitet haben. Die Datenerfassung wird damit im idealen Fall rein *auftretensorientiert* durchgeführt, entsprechend der Einteilung der Klassifizierungsansätze, die von DÖRFEL, REICHART und ZIMOLONG (in BUBB, 1992) durchgeführt wurde. Es findet dabei keine Interpretation der Daten hinsichtlich der Ursachen oder der logischen Zusammenhänge statt. Voreilige Bewertungen schränken den Blickwinkel ein und lenken den Fokus auf bestimmte Teilaspekte. Steht eine Ursache schon während der Erfassung fest, wird oftmals verstärkt nach Daten gesucht, die diese Theorie stützen und gegensätzliche Argumente werden möglicherweise vernachlässigt. Der Gefahr einer derartigen Zielfixierung lässt sich durch einen ganzheitlichen methodischen Ansatz bei der Erfassungsmethode

vermindern. Weiter muss bei der Beschreibung des Ereignisses auf eine wertungsfreie Darstellungsart geachtet werden. Die Verantwortung der Ereigniserfassung liegt darin, dass sie dem menschlichen Trend zur Vorbewertung entgegen wirken muss. Der Prozess der späteren Bewertung wird im Gegensatz dazu als *ursachenorientierte* Klassifizierung bezeichnet, bei der dann nach dem „Warum" gefragt wird. BUBB (1997) betont die Notwendigkeit der strikten Trennung von auftretens- und ursachenorientierter Klassifizierung, insbesondere deshalb, damit auch bei einer Veränderung der zugrunde liegenden wissenschaftlichen Theorien eine Neuanalyse alter Vorkommnisse möglich ist.

Einflüsse auf die Erfassung

CARL GRAF HOYOS (1980) schreibt: *„Die Unfallaufnahme selbst gilt als eine Schwachstelle in der Unfallanalyse, ...".* Als Gründe dafür nennt er: ungeeignete Fragebögen mit zu wenig detaillierten und ungeschickten Fragen, mangelnde Qualifikation der erhebenden Personen oder Beeinträchtigung der Erfassung durch persönliche Beurteilungs- und Bewertungskonzepte. Auch die Vorgehensweise kann die Erfassung beeinträchtigen. Es mache einen Unterschied, ob die erhebenden Personen zeitnah vor Ort ein Ereignis erfassen oder lediglich auf die Angaben von Beteiligten angewiesen seien. Unfallerhebungen blieben stets unvollständig. Daraus wird deutlich, dass die Datengewinnung wesentlich von dem Beschreibungsmodell her bestimmt wird, in das die Daten aufgenommen werden sollen. Eine Methode, die nur aus einer Ankreuzliste besteht, erfasst logischerweise nur Daten, die in diese Liste passen. Daten, für die in einem Beschreibungsmodell kein Platz vorgesehen ist, haben kaum Chancen bei der Erfassung berücksichtigt zu werden. Die Qualität der Datenerfassung wird deshalb direkt durch das Beschreibungsmodell beeinflusst. Einige Beschreibungsansätze, die derzeit in der Praxis zur Anwendung kommen und wie in diesen Fällen bei der Erfassung vorgegangen wird, beschreibt der folgende Abschnitt.

1.3 Ereigniserfassung in der Praxis

Straßenverkehr, Arbeitsschutz, Luftfahrt und Kernkrafttechnik – eine kurze Betrachtung dieser vier Bereiche soll einen Einblick in das gegenwärtige Ereignisgeschehen und in die gängige Praxis der Ereigniserfassung vermitteln. Insbesondere wird angesprochen, welche Ursachen für die Ereignisse in den jeweiligen Bereichen benannt werden. Es wird hier aber kein bewertender Vergleich dieser Bereiche untereinander durchgeführt, wie etwa nach den Gesichtspunkten, welcher Bereich sicherer sei oder in welchem die auftretenden Ereignisse am besten untersucht werden.

1.3.1 Straßenverkehr

Verkehrsunfälle

Das häufigste Ereignis im Straßenverkehr ist der Verkehrsunfall, bei dem *„infolge des Fahrverkehrs auf öffentlichen Wegen und Plätzen Personen getötet oder verletzt werden oder Sachschaden entsteht"* [1]. Für die Aufnahme und Auswertung von Verkehrsunfällen ist in Deutschland zunächst die Polizei zuständig. Nachgeschaltet befassen sich zum Teil aber auch Automobilclubs, technische Überwachungsvereine, Versicherungen und Forschungseinrichtungen mit diesen Ereignissen.

Verkehrsunfälle werden von der Polizei anhand der Unfallfolgen klassifiziert. Dabei ist als erstes Kriterium maßgeblich, ob es Personenschäden mit Toten, schwer oder leicht Verletzten gab oder ob lediglich Sachschaden entstand. Diese Entscheidung, die von den hinzukommenden Polizisten vor Ort getroffen werden muss, bestimmt, nach welchem Verfahren der Unfall erfasst wird. Entstand nur Sachschaden und liegt höchstens eine geringfügige Ordnungswidrigkeit vor, so wird der Unfall mit dem so genannten Aufnahmeblattverfahren bearbeitet. Unfälle mit Personenschaden, bedeutende Ordnungswidrigkeiten oder gar Straftaten werden mit einer aufwendigeren Unfallbeschreibung erfasst, deren Angaben in ein elektronisches Datenverarbeitungssystem einfließen und von übergeordneten Stellen statistisch ausgewertet werden. Bei der Polizeidirektion in Stuttgart wird hierzu das Verfahren UDIS (Unfall-Daten-Informations-System) verwendet.

[1] Zitat aus der VERKEHRSUNFALLSTATISTIK STUTTGART 2001

Aufnahmeblattverfahren

Bei dem einfacheren Aufnahmeblattverfahren wird ein DIN-A 5-großes Formular ausgefüllt. Darin wird neben den formalen Angaben über die betroffene Person, das Ereignis (Unfall oder Zuwiderhandlung) in Form einer Tatbestandsnummer beschrieben. Optional kann der Tatbestand mit einem kurzen Text oder einer kleinen Skizze erläutert werden. Auf der Rückseite des Meldeformulars findet sich eine Auswahl mit rund 80 nummerierten Tatbeständen, die hauptsächlich Verhaltensfehler und Regelverstöße darstellen. Ein Durchschlag dieses Aufnahmeblattes, der keine persönlichen Daten mehr enthält, geht zur statistischen Erfassung an den Sachbereich „Verkehr" der Polizeidirektion. Auf diesem Blatt kann eine Unfallursache in Form einer kodierten Nummer angegeben werden sowie, ob der Unfall sich inner- oder außerorts ereignete und ob es am Unfallort nass oder glatt war. Vorder- und Rückseite dieses Aufnahmeblatts sind im Anhang A abgedruckt.

Verkehrsunfallanzeige und -beschreibung

Schwerere Unfälle, Ordnungswidrigkeiten und Straftaten im Straßenverkehr werden mit einer Art Kombination aus Verkehrsunfallanzeige und einer Verkehrsunfallbeschreibung erfasst. Die Verkehrsunfallanzeige enthält die Angaben über beteiligte Personen, Fahrzeuge, Geschädigte und Verletzungen. In ihr werden stichwortartig die Umstände des Verkehrsunfalls abgefragt und vorläufige Ursachen angegeben. Zudem werden die Verkehrstüchtigkeit der Unfallbeteiligten und Schäden bzw. technische Mängel an den Fahrzeugen festgehalten. Die Verkehrsunfallbeschreibung enthält die situativen Angaben des Unfallortes, eine Unfallskizze, sowie eine Beschreibung der Sachverhalte und eine Einschätzung des Unfallhergangs. Explizit wird in der Verkehrsunfallbeschreibung die Anzahl der Getöteten bzw. Verletzten abgefragt, ob Alkoholeinwirkung oder eine Straftat vorliegt und abschließend die Höhe des Gesamtschadens abgeschätzt. Für die meisten Angaben gibt es auswählbare und mit einer Zahlenkodierung versehene Vorgaben.

Auftreten und Ursache

Bei der Erfassung von Verkehrsunfällen ist bei beiden Verfahren zu erkennen, dass die Feststellung der Unfallursache im Vordergrund steht. Allein die Unterscheidung, ob bei einem Verkehrsunfall eine Ordnungswidrigkeit vorliegt und wenn ja, in welchem Umfang, stellt bereits ein ursachenorientiertes Vorgehen dar. Das bedeutet, dass bereits für die Entscheidung, welches Verfahren der Tatsachenermittlung angewendet werden soll, eine grobe Ursachenbestimmung erfolgen muss. Dadurch kann prinzipiell nicht zwischen der Feststellung der Sachverhalte und deren Bewertung getrennt werden.

Auswertung

Im Folgenden wird anhand dreier Beispiele betrachtet, welche Ergebnisse aus der Auswertung von Unfällen im Straßenverkehr gewonnen werden.

Beispiel 1: Verkehrsunfälle bundesweit

Bundesweit wurden im Straßenverkehr im Jahr 2001 laut dem STATISTISCHEN BUNDESAMT DEUTSCHLAND (www.destatis.de, 2002) über 2,73 Millionen Verkehrsunfälle polizeilich erfasst. Bei knapp 16 Prozent dieser Unfälle kam es zu Personenschäden, bei denen fast eine halbe Million Menschen verletzt und knapp weitere 7000 Personen getötet wurden. Die Ursachen, die bei Unfällen mit Personenschäden ermittelt wurden, sind mit knapp einem Prozent technische Mängel, sieben Prozent allgemeine Ursachen wie Straßenverhältnisse, Witterung und Wildwechsel und zu über 92 Prozent menschliches Fehlverhalten. (Hierbei ist zu beachten, dass einem Unfall auch mehrere Ursachen zugeordnet werden können.) Auch in den beiden vorangegangenen Jahren lag der Anteil des menschlichen Faktors auf diesem Niveau. In der Statistik wird das Fehlverhalten weiter differenziert. Nicht angepasste Geschwindigkeit (23 Prozent), Nichtbeachtung der Vorfahrt (14 Prozent) und ungenügender Abstand (12 Prozent) führen diese verhaltensbedingten Ursachen an, gefolgt von Abbiegefehlern (8 Prozent), falscher Straßenbenutzung (7 Prozent) und Alkoholeinfluss (5 Prozent). Daneben gibt es einen Ursachenanteil, der mit 23 Prozent zwar fast ein Viertel der Gesamtverteilung ausmacht, der aber nicht näher erläutert wird. Abbildung 1-1 gibt diese Verteilung als Kuchendiagramm wieder.

Bei dieser Verteilung fällt auf, dass als Ursachen eigentlich nur vordergründige Sachverhalte angegeben werden. Die Hintergründe für diese „Ursachen" bleiben unklar. Warum wurde eine Vorfahrt missachtet? Warum hat ein Fahrzeugführer seine Geschwindigkeit nicht angepasst? Welche äußeren

Umstände oder persönlichen Tendenzen haben das Fehlverhalten des Verkehrsteilnehmers beeinflusst? Oder anders gefragt, welche Maßnahmen lassen sich aus solchen oberflächlichen Ursachen ableiten? Allein aus der Formulierung dieser „Menschlichen Ursachen“ wird deutlich, dass hier nur eine sehr grobe Ereigniserfassung stattfindet. Möglicherweise können nicht in allen Fällen die eigentlichen Ursachen ermittelt werden oder eine vertiefte Analyse würde den vertretbaren Aufwand bei einem einzelnen Ereignis übersteigen. In jedem Fall aber können aus den damit vorliegenden Ergebnissen kaum aufschlussreiche Erkenntnisse oder gar verbessernde Gegenmaßnahmen abgeleitet werden. Außer als Argumente für gut gemeinte Appelle an eine umsichtigere Fahrweise scheint diese Auswertung aber kaum Nutzen zu liefern.

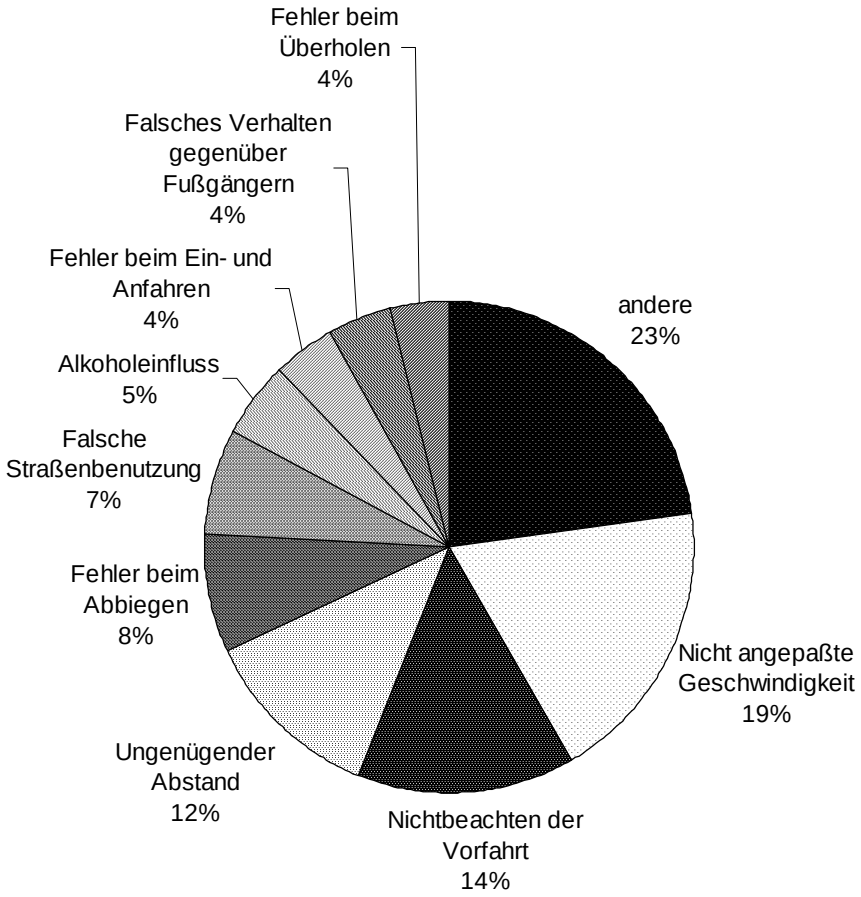


Abbildung 1-1: Verteilung der vom Statistischen Bundesamt in Deutschland angegebenen „Menschlichen Ursachen“ bei Straßenverkehrsunfällen im Jahr 2001

Beispiel 2: Unfälle im Stadtbereich von Stuttgart

Im Bereich der Stadt Stuttgart ereigneten sich im Jahr 2001 über 22000 Verkehrsunfälle mit Personen und Sachschäden. In den Jahren 1995 bis 2001 gab es bei der Unfallzahl einen fast kontinuierlichen Anstieg um 26 Prozent, siehe Abbildung 1-2. Im gleichen Zeitraum wurde am Stadtrand von Stuttgart eine Zunahme der Verkehrsmenge von 10,9 Prozent gemessen, während der Zuwachs des zur Verfügung stehenden Verkehrsraums im gleichen Zeitraum lediglich 1,6 Prozent betrug. Die Zunahme der Verkehrsunfälle liegt damit weit über den Anstiegen der Verkehrsmenge und des zur Verfügung stehenden Verkehrsraums. Eine Erklärung für diese Entwicklung findet sich nicht in der Statistik, aus der diese Zahlen entnommen wurden. Zumindest lassen sie sich nicht aus den als „Ursachen“ verpackten Sachverhalten bei diesen Unfällen ableiten, siehe Tabelle 1-1. Die eigentlichen Gründe für diesen Trend müssten sich aber mit einer detaillierten qualitativen und quantitativen Untersuchung dieser Verkehrsunfälle finden lassen.

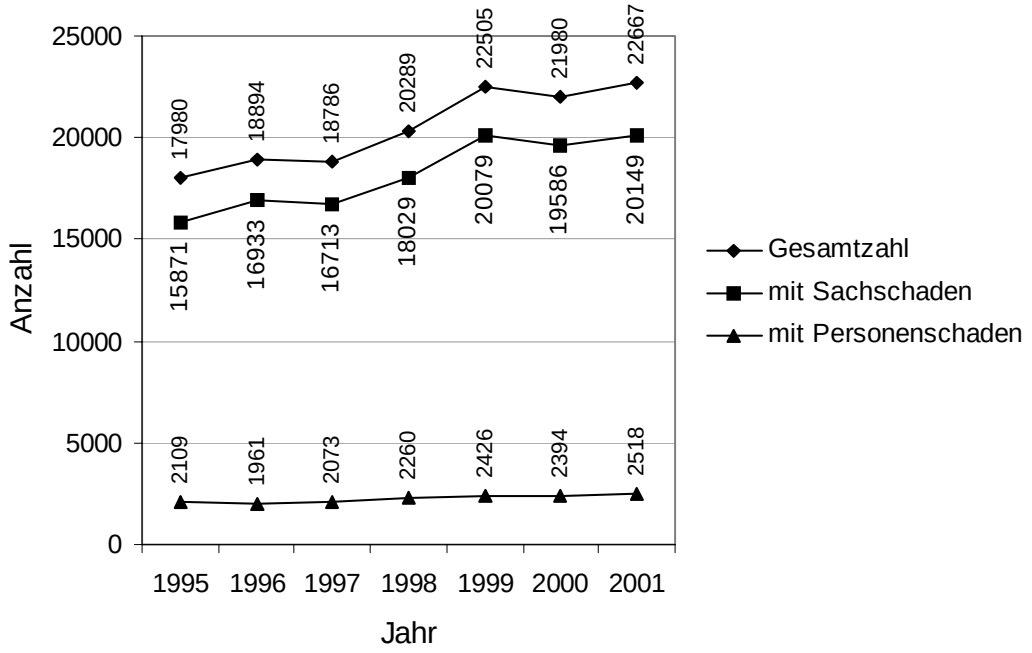


Abbildung 1-2: Verkehrsunfallentwicklung in der Stadt Stuttgart in den Jahren 1995 bis 2001

Die Ursachen für die Unfälle mit Personenschäden im Stadtbereich von Stuttgart im Jahr 2001 sind in Tabelle 1-1 aufgelistet. Bei dem Unfall-Daten-Informations-System können pro Unfallbeteiligtem bis zu drei Ursachen angegeben werden, d. h., die Ursachenanteile in Tabelle 1-1 beziehen sich nicht auf die Anzahl der Unfälle, sondern auf die Gesamtzahl aller Ursachen. Bei dieser Verteilung wurden insgesamt 80 Einzelursachen zu den angeführten zwölf Ursachengruppen zusammengefasst. Diese 80 Einzelursachen sind im Ursachenverzeichnis für die Straßenverkehrsunfallstatistik gemäß StVUnfG des STATISTISCHEN LANDESAMTS IN BADEN-WÜRTTEMBERG (1977) enthalten, siehe hierzu auch Anhang A.

Laut der Statistik sind über 90 Prozent der ermittelten Ursachen auf menschliches Fehlverhalten zurückzuführen. Auffallend ist, dass ein Anteil von rund 40 Prozent der Ursachen den Fahrzeugführern zugerechnet wurden, diese aber offenbar trotz der zahlreich zur Verfügung stehenden Ursachenschlüsseln nicht weiter klassifiziert werden konnten und daher der Kategorie "Andere Fehler beim Fahrzeugführer" zugeordnet wurden. Dies lässt auf Defizite bei der Klassifizierung oder der Klassen schließen. Als Maßnahmenschwerpunkte, die aufgrund der Erkenntnisse der Unfallauswertung durchgeführt wurden, werden im Begleittext der Verkehrsunfallstatistik die drei Aspekte „Prävention“, „Verkehrserziehung“ und „Verkehrsüberwachung“ genannt.

Ursache	***Anzahl***	***Anteil***
Abbiegen, Wenden und Rückwärtsfahren	**1672**	**16,8 %**
Nichtbeachten der Vorfahrt	**1484**	**14,9 %**
Geschwindigkeit	**626**	**6,3 %**
Abstand	**585**	**5,9 %**
Alkoholeinfluss	**478**	**4,8 %**
Fehler beim Fahrstreifenwechsel	**290**	**2,9 %**
Glätte / Schlüpfrigkeit	**239**	**2,4 %**
Fehler beim Überschreiten der Fahrbahn	**216**	**2,2 %**
Falsches Verhalten gegenüber Fußgängern	**183**	**1,8 %**
Überholen	**158**	**1,6 %**
Fehler beim Vorbeifahren	**27**	**0,3 %**
Andere Fehler beim Fahrzeugführer	**4019**	**40,3 %**
Summe	**9977**	**100 %**

Tabelle 1-1: *So genannte* Ursachen für Verkehrsunfälle in Stuttgart im Jahr 2001

Beispiel 3: Unfälle im LKW-Nutzverkehr in Japan

In Japan wurden in den vergangenen Jahren vermehrt tödliche Unfälle im Straßenverkehr durch Fahrer großer Lastkraftwagen verursacht. Um dieses Phänomen zu untersuchen, wurde von dem Tokioter Unternehmen HINO MOTORS LTD. in Zusammenarbeit mit Polizeistellen eine Untersuchung dieser Unfälle durchgeführt (AKIYAMA, 2002). Dabei wurden folgende Unfallschwerpunkte mit Beteiligung von Lastkraftwagen identifiziert:

- Fußgänger werden beim Überqueren einer Straße erfasst, meistens bei Nacht auf geraden, nicht gekreuzten Straßen.
- Auffahrunfälle auf Schnellstraßen.
- Erfassung von Zweiradfahrern an Kreuzungen.
- Unfälle mit PKW beim Rechtsabbiegen.
- Unfälle mit PKW beim Überholen.

Als Hauptursache bei diesen Unfallschwerpunkten werden Fahrfehler genannt, die auf menschliches Versagen zurückzuführen seien. Die Fahrfehler wurden im Rahmen der Studie näher untersucht und folgende Ursachen ermittelt, die hier nach Häufigkeiten geordnet sind:

- Verzögertes oder nicht erfolgtes Erkennen einer gefährlichen Situation, mit einer nachfolgenden Fehleinschätzung.
- Unachtsamkeit beim Geradeausblicken auf nicht gekreuzten Straßen, insbesondere bei Dunkelheit.
- Fehleinschätzungen und Lenkfehler auf kurvigen Straßen.
- Nichtbeachtung von Sicherheitsaspekten.
- Fehleinschätzung an Kreuzungen.

Diese Analyse untermauert die These, dass Menschen nicht unabhängig von ihrem Umfeld versagen. In Japan wird der Schwerlastverkehr in der Regel nachts abgewickelt. Gerade bei langen Autobahnfahrten, die wenig Abwechslung bieten und die Fahrer oft stundenlang nur geradeaus nach vorne blicken müssen, kommt es zu so genannten Unachtsamkeitsfehlern. Kann hier von einem an den Menschen angepassten Arbeitsplatz gesprochen werden? Ist es legitim, von einem menschlichen Fehler zu sprechen, wenn eigentlich bereits die Arbeitsaufgabe falsch ist, weil sie nachweisbar eine Überforderung darstellt? Dieses Beispiel aus Japan zeigt, dass es sich lohnen kann, vordergründige Sachverhalte zu hinterfragen und Unfälle ganzheitlich zu erfassen, also die gesamte Arbeitssituation zu betrachten.

Auf Grundlage der ermittelten Ursachen wird in der Studie eine Reihe von Maßnahmen vorgeschlagen, die zur aktiven und passiven Sicherheit[1] beitragen sollen.

- Einsatz von Nachtsichtvorrichtungen zur Erkennung von Fußgängern bei Dunkelheit.
- Fußgängererkennung an Kreuzungen durch pyroelektrische Infrarotsensoren oder Ultraschall.
- Abschaffung hervorstehender Teile an LKW-Fronten und Weiterentwicklung von energieabsorbierenden Karosseriestrukturen.
- Kollisionswarnsysteme und Kollisionsvermeidungssysteme gegen Auffahrunfälle.
- Unterstützung der Spurhaltung auf Navigationsbasis.
- Automatische Anpassung der Fahrgeschwindigkeit an Straßenverhältnisse.
- Fahrzeugkommunikationssysteme.
- Hinderniswarnsysteme.
- Weiterentwicklung des Unterfahrschutzes am LKW.

Bei diesen Lösungsansätzen fällt auf, dass überwiegend menschliche und organisatorische Schwachstellen mit technischen Lösungen kompensiert werden sollen. Organisatorische oder arbeitsrechtliche Maßnahmen, wie etwa Vorschriften zu Lenkzeiten oder Erholungsphasen werden in der Studie nicht erwogen. Letztendlich wird hier eine gewisse Hilflosigkeit gegenüber der gesamten Problematik deutlich. Der Mensch versagt in einem für ihn wenig ergonomischen Arbeitsumfeld. Obwohl im ersten Ansatz dieses Umfeld mit betrachtet werden soll, fehlen die organisatorischen Aspekte. Insofern zielen die Maßnahmen auch nur auf die technischen Komponenten ab. Diese Vorgehensweise erscheint

[1] ‚Aktive Sicherheit' soll Unfälle vermeiden, ‚Passive Sicherheit' soll die Folgen eines Unfalls mildern.

offensichtlich vielversprechend und hat mit Sicherheit ihre technologischen Reize. Organisatorische und managementbezogene Faktoren scheinen dagegen nicht angetastet zu werden.

Fazit zum Straßenverkehr

Aufgrund der Vielzahl an Arten und Formen der Verkehrsteilnahme und der situativen Gegebenheiten gibt es für Unfälle im Straßenverkehr unzählige Möglichkeiten für deren Auslösung und Verlauf. Die Daten über einen Verkehrsunfall können im Wesentlichen nur aus der verbleibenden Unfallsituation und aus Aussagen von Beteiligten und Zeugen gewonnen werden. Das Hauptinteresse nach einem Verkehrsunfall dient in der Regel der Klärung von Versicherungsangelegenheiten, also der Frage, wer schuld hat. Insofern muss bei den Angaben der Beteiligten davon ausgegangen werden, dass sie vermutlich versuchen, den eigenen Schuldanteil zu verringern oder ihn von sich zu weisen. Aufgrund der verbindlichen Versicherungspflicht für die überwiegende Mehrzahl der motorisierten Verkehrsteilnehmer ist kaum damit zu rechnen, dass der Versuch, die eigene Schuld zu vertuschen, extreme Auswüchse annehmen wird. Fahrzeugdatenschreiber sind zwar auf dem Markt, jedoch nur in wenigen Fahrzeugen eingebaut, so dass bislang noch kaum mit solchen Daten systematisch gearbeitet werden kann. Bei den Personen, die Verkehrsunfälle erfassen, handelt es sich in erster Linie um Polizeibeamte, die zwar eine einheitliche Schulung, aber unterschiedlich hohe Praxiserfahrung besitzen. Letztere spielt bei der Bewertung von Unfällen eine erhebliche Rolle, da die Erfassung der situativen Gegebenheiten und die Bewertung der Daten oftmals allein auf Grundlage von subjektiven Einschätzungen erfolgen muss. Bei der Mehrzahl der Unfälle im Straßenverkehr entsteht glücklicherweise nur Sachschaden. Solche Unfälle werden nur oberflächlich erfasst, nicht zuletzt deshalb, weil zur Wiederherstellung des Verkehrsflusses die Unfallstelle schnell geräumt werden muss. Die bei solchen Unfällen festgehaltenen Daten taugen nur für grobe statistische Auswertungen, tiefere Analysen sind damit nicht möglich. Unfälle mit Personenschäden werden aufwendiger erfasst. Allerdings bleibt auch deren Erfassung weitestgehend an der Oberfläche. Die Beschreibung der Tatbestände und Ursachen erfolgt zwar sowohl nach Zuordnungsschlüsseln als auch mit Skizzen und Freitext. In die weitere statistische Auswertung der Unfälle fließen aber meist nur die kodierten Angaben ein.

Menschliches Fehlverhalten wird bei dieser Praxis zwar benannt aber nicht weiter hinterfragt, obwohl es in nationalen und internationalen Studien in über 90 Prozent der Unfälle als Ursache angegeben wird. Als menschliches Versagen wird beispielsweise oftmals „Unachtsamkeit“ angeführt, aber nicht weiter untersucht, was zu dieser Unachtsamkeit geführt hat, wie beispielsweise Müdigkeit oder etwa Ablenkung durch Bedienung anderer Geräte, wie etwa Navigations-, Radio- oder Funkeinrichtungen.

Grundsätzlich ist in diesem Bereich eine rein auftretensorientierte Erfassung der Sachverhalte erstrebenswert, die von der ursachenorientierten Bewertung getrennt ist, welche besser zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen sollte. Reine Häufigkeitsbestimmungen vordergründiger Sachverhalte bringen nur wenig brauchbare Ergebnisse. Insofern könnte hier eine Datenerfassung, mit der vertiefte Auswertungen möglich werden, mit Sicherheit tiefere Einblicke in die Zusammenhänge liefern. Ein nachfolgender branchenübergreifender Vergleich mit Ereignissen in der Luftfahrt wäre hier ebenfalls vielversprechend.

1.3.2 Arbeitssicherheit

Zunächst werden für den Bereich Arbeitssicherheit einige Orientierungsdaten gegeben, wenngleich anzumerken ist, dass sich menschliches Leid nicht in Zahlen ausdrücken lässt. Laut einer Unfallstatistik der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin gab es im Jahr 2000 in Deutschland fast 1,75 Millionen meldepflichtige Arbeits- und Wegeunfälle, wovon 1973 tödlich endeten. Diese Unfälle führten im gleichen Jahr zu 430,5 Millionen Arbeitsunfähigkeitstagen und zu einem Produktionsausfall von 72,45 Milliarden DM (€ 36,49 Mrd.). In der weiteren Folge lagen die Aufwendungen der gesetzlichen Unfallversicherungen in einer Höhe von 23,67 Milliarden DM (€ 11,92 Mrd.).

Erfassung mit Unfallanzeigen

In Deutschland haben Arbeitgeber die Pflicht, für ihre Mitarbeiter eine gesetzliche Unfallversicherung zum Schutz vor Gesundheitsrisiken am Arbeitsplatz abzuschließen (MEHRHOFF, MUHR 1999). An diesen Versicherungsträger muss immer dann eine Meldung erfolgen, wenn *„ein Arbeits- oder Wegeunfall eine*

Arbeitsunfähigkeit von mehr als drei Kalendertagen oder den Tod eines Versicherten zur Folge hat"[1]. Zum Zweck der Unfallmeldung haben die Berufsgenossenschaften ein Formblatt entwickelt, die so genannte „Unfallanzeige“, siehe Anhang B. In Deutschland hat sich die Dokumentation von Arbeitsunfällen überwiegend an die Vorgaben dieses Formulars angepasst. Arbeitsunfälle unterhalb der Meldeschwelle finden sich allenfalls in Verbandsbüchern wieder. Für Beinaheunfälle existieren selten systematische Erfassungsmöglichkeiten. In einigen Betrieben gibt es hierfür freiwillige anonyme Berichtswesen, mit dem Zweck, dass Mitarbeiter auf potentielle Risiken und Gefahren hinweisen können. Erfahrungsgemäß werden von den gemeldeten Unfällen betriebsintern nur die Unfallanzeigen archiviert und ausgewertet. In der Unfallanzeige werden schwerpunktmäßig diejenigen Daten erfasst, die dazu notwendig sind, den Arbeitsunfall nach versicherungstechnischen Gesichtspunkten abzuwickeln. Für die Beschreibung des Unfallhergangs steht ein Feld zur Verfügung, welches mit freiem Text gefüllt werden kann. Dieses Feld enthält einen Hinweis, dass die Schilderung ausführlich sein soll und dass der Verlauf, die Bezeichnung des Betriebsteils, ggf. Beteiligung von Maschinen, Anlagen und Gefahrstoffen mit angegeben werden sollen. In weiteren Formularfeldern können noch stichwortartige Angaben zum Unfall gemacht werden, hinsichtlich Ort (Betriebsteil), Tätigkeit, Umstände (Arbeitsmittel, Auslöser) und Arbeitsbedingungen. Die Schilderung des Unfallhergangs kann sowohl durch den betroffenen Versicherten, als auch durch andere Personen (Vorgesetzte, Sicherheitsfachkräfte) erfolgen. Unfallanzeigen sollen binnen drei Tage an die Berufsgenossenschaften weitergeleitet werden. Rückfragen zum Unfallhergang finden nur in Ausnahmefällen bei schweren Unfällen mit unklaren Haftungsfragen statt. Die Unfallanzeigen werden schließlich bei den Berufsgenossenschaften und teilweise auch betriebsintern statistisch erfasst. Die Klassifizierung erfolgt dabei nach relativ allgemeinen Kriterien wie "Wegeunfall", "Arbeitsunfall", "Unfall mit Todesfolge", "Alter", "Anzahl Ausfalltage" oder "Verletztes Körperteil" (MEHRHOFF, MUHR, 1999). Unfallanzeigen müssen vom Unternehmer oder von einem Bevollmächtigten gemeldet werden. Das Ausfüllen des Formulars wird üblicherweise von den Betroffenen selbst oder von deren direkten Vorgesetzten ausgeführt. Für die vorliegende Arbeit wurden bei einem überregional tätigen Großunternehmen aus den innerhalb eines Jahres dokumentierten Unfällen hundert Anzeigen zufällig ausgewählt und die Länge der Ereignisbeschreibung und die Angaben über Maßnahmen ausgewertet. Demnach sind die Ereignisbeschreibungen im Schnitt 3,1 Zeilen lang und bestehen aus 2,6 Sätzen. Zu den Maßnahmen, die nach einem Ereignis getroffen wurden, finden sich in den hundert Unfallanzeigen folgende Einträge in der jeweils angeführten Häufigkeit:

45 x keine Eintragung,
38 x Belehrung,
4 x Änderung, bzw. Einführung einer Vorschrift,
3 x sicherheitstechnische Maßnahmen,
2 x Belehrung mit einer sicherheitstechnischen Maßnahme,
2 x „es werden Maßnahmen erarbeitet“,
1 x Schulung,
1 x Verbesserung der persönlichen Schutzausrüstung,
1 x Anbringung von Hinweisen,
1 x „Besichtigung der Unfallstelle“.

Die Ereignisbeschreibung in Unfallanzeigen fällt also im Allgemeinen recht knapp aus. Die angegebenen Maßnahmen beziehen sich in der Mehrzahl auf unmittelbare Handlungen nach dem Ereignis und sind im besten Fall das Ergebnis einer Einzelanalyse. Die mit Abstand beliebteste Maßnahme bei Arbeitsunfällen ist die „Belehrung“ oder „Unterweisung“. Sie wird obligatorisch bereits bei einem vagen Verdacht auf menschliches Fehlverhalten angewandt. Obwohl in der Unfallanzeige keine expliziten Ursachen angeführt werden müssen, zeichnet sich ab, dass menschliches Fehlverhalten das Hauptproblem in der Arbeitssicherheit zu sein scheint. Allerdings scheint dieses Problem auf dem Gebiet der Arbeitssicherheit den Status einer *letzten Ursache* zu besitzen.

[1] Zitat aus: Allgemeine Erläuterungen zum Formular ‚Unfallanzeige' der Berufsgenossenschaften in Deutschland. (Quelle: www.hvbg-service.de)

Fazit zu den Unfallanzeigen

Das Formblatt „Unfallanzeige“ wurde für die Abwicklung der Versicherungsangelegenheiten entwickelt, die bei Arbeitsunfällen anfallen können. Ob mit dieser Form der Beschreibung jedoch eine sinnvolle Ereignisanalyse durchgeführt werden kann, muss bezweifelt werden. Die Ereignisbeschreibung in Unfallanzeigen wird in der Mehrzahl von dafür nicht speziell geschulten Personen durchgeführt, die sich zudem oftmals in einer Situation befinden, sich nicht selbst beschuldigen zu wollen. Von einer detaillierten und vollständigen Ereignisbeschreibung sind die Angaben in den Unfallanzeigen meistens weit entfernt. Das Interesse von verunfallter Person und Betrieb liegt in einer Abwendung eigener Schuld und einer möglichst reibungslosen Abwicklung der Versicherungsangelegenheit. Eine Durchsicht von Unfallanzeigen, die für diese Arbeit durchgeführt wurde, brachte den Schluss, dass die Schilderungen in den meisten Fällen die Geschehnisse nur oberflächlich wiedergeben. Dieser Mangel wirkt sich direkt auf die Auswertung der Unfallanzeigen aus, in der Form, dass nur eine verhältnismäßig grobe Bestimmung der eigentlichen Unfallursachen durchgeführt werden kann. Die Unfallstatistiken dienen damit meistens auch nur dem Zweck, Betriebe und Mitarbeiter auf die Gefahrenschwerpunkte bei der Arbeit zu sensibilisieren. Tiefer gehende Ursachenanalysen können auf Grundlage der hier praktizierten Erfassungsmethode nicht oder nur in Einzelfällen durchgeführt werden. Aus den Informationen der Unfallanzeigen lassen sich schwerlich Präventionsmaßnahmen ableiten, die eigentlich zum Auftrag der Berufsgenossenschaften gehören. Dass Unfallanzeigen in vielen Betrieben auch gleichzeitig zur internen Dokumentation der Unfälle verwendet werden, zeigt, dass der Unfallerfassung und -auswertung dort nur geringe Bedeutung beigemessen wird.

1.3.3 Zivile Verkehrsluftfahrt

Flugzeuge werden allgemein als sehr sichere Verkehrsmittel angesehen. Die relative Sicherheit im Vergleich mit anderen Verkehrsmitteln hängt aber wesentlich davon ab, auf welcher statistischen Grundlage sie berechnet wurde. Beispielsweise macht es einen erheblichen Unterschied, ob Unfallzahlen auf die Anzahl von Flugbewegungen, auf die Anzahl der transportierten Personen oder die Länge der zurückgelegten Strecke bezogen werden. Solche bewertenden Vergleiche sollen deshalb hier nicht herangezogen werden. Unfälle in der zivilen Luftfahrt sind relativ seltene, aber dafür oft sehr dramatische und medienwirksame Ereignisse. Schauplätze von Flugunfällen sind derart emotional bedrückend, dass sie vergessen lassen, dass bei Straßenverkehrsunfällen in der Summe weit mehr Menschen sterben, aber eben nicht so viele auf einmal.

Unfallzahlen und Ursachen

Zur Veranschaulichung des Ereignisgeschehens in der Fliegerei werden hier nun exemplarisch Unfälle und Zwischenfälle mit zivilen Verkehrsflugzeugen betrachtet, deren maximales Startgewicht entsprechend einer Klassifikation der INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA) bei über 15 Tonnen liegt[1].

Der „JET SAFETY REPORT“ der IATA (1999) weist in den 90er Jahren eine durchschnittliche Zahl von 20 Totalverlusten pro Jahr aus. Der Begriff „Totalverlust“ bedeutet hierbei, dass das Flugzeug nach dem Ereignis nicht mehr instand gesetzt werden konnte. Das schwärzeste Jahr war 1992 mit 25 Verlusten, am besten schneidet 1995 mit 18 Verlusten ab. Bei den Totalverlusten im Jahr 1999 wurden weltweit 2249 Menschen verletzt, 348 weitere Personen starben. Bei der IATA werden Unfallursachen in vier Kategorien eingeteilt: „Mensch“, „Umgebung“, „Organisation“ und „Technik“. Im Jahr 1999 lag der Anteil der menschlichen Ursachen bei über einem Drittel, auf Umgebung und Organisation entfielen je rund ein Viertel aller Ursachen. Die technischen Ursachen hatten dabei mit 14 Prozent den geringsten Anteil, siehe Abbildung 1-3.

[1] Zur größenmäßigen Einordnung sei angemerkt, dass das maximale Startgewicht einer BOEING 747-400 „JUMBO JET“ mit etwa 450 Sitzen bei etwa 362 Tonnen liegt. Ein „kleiner“ AIRBUS A 319 mit üblicherweise 124 Plätzen bringt maximal 64 Tonnen in die Luft. Ein LEARJET, der häufig als Firmenflugzeug genutzt wird, liegt mit 10 Tonnen bei maximal neun Passagieren unterhalb der betrachteten Gewichtsklasse.

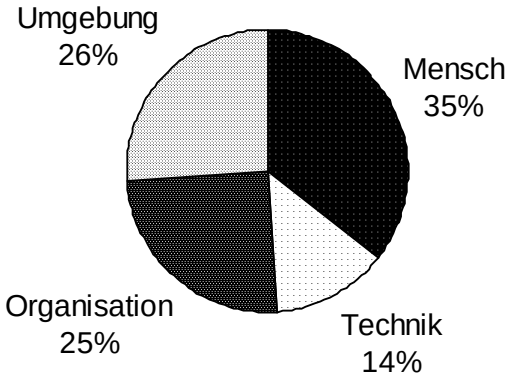


Abbildung 1-3: Verteilung der Ursachen bei Unfällen in der zivilen Verkehrsluftfahrt im Jahr 1999 (Quelle: IATA JET SAFETY REPORT 1999)

Die IATA unterteilt die Ursachenkategorie „Mensch“ in die vier weiteren Unterbereiche: „Aktive Fehler“ (Fehler trotz besseren Wissens), „Passive Fehler“ (unbewusste Fehler), „Mangel an Fähigkeiten“ und „Fluguntauglichkeit“[1]. Laut der Verteilung im Jahr 1999 lagen die menschlichen Ursachen zur Hälfte an einem Mangel an Fähigkeiten und fast ein Drittel ging auf aktive Fehler zurück. Unbewusste Fehler hatten einen Anteil von 15 Prozent, während die Fluguntauglichkeit mit drei Prozentpunkten nur einen geringen Einfluss auf die Unfälle hatte, siehe Abbildung 1-4.

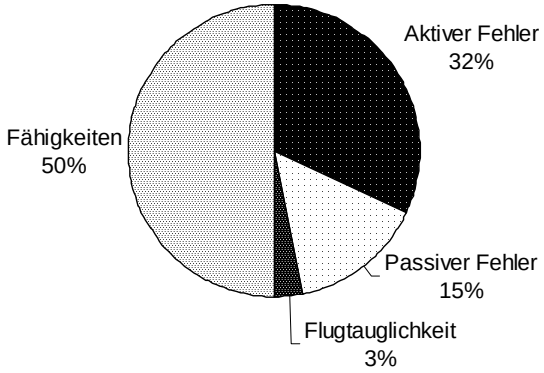


Abbildung 1-4: Ursachen für menschliches Fehlverhalten bei Flugunfällen im Jahr 1999 (Quelle: IATA JET SAFETY REPORT 1999)

Flugunfalluntersuchungsbehörde

In Deutschland obliegt die Untersuchung von Flugunfällen der BUNDESSTELLE FÜR FLUGUNFALLUNTERSUCHUNG (BFU) mit Sitz in Braunschweig. Jede nationale Untersuchungsbehörde ist für die Unfälle zuständig, die sich auf dem Hoheitsgebiet ihres Landes ereignen. In der Praxis beteiligen sich an Unfalluntersuchungen in unterstützender Form nach größeren Ereignissen auch die Behörden derjenigen Länder, in denen die betroffene Fluggesellschaft oder der Hersteller des verunglückten Flugzeugs ihren Sitz haben. Weiter wird die Arbeit der Behörden häufig auch durch hinzugezogene Experten unterstützt, beispielsweise von Seiten der Hersteller und Fluggesellschaften.

Flugunfälle werden grundsätzlich mit hohem Aufwand untersucht. An der Aufklärungsarbeit besteht in der Regel großes öffentliches Interesse, das sich in den meisten Fällen auch in einer großen Medienpräsenz am Unfallort widerspiegelt. Letztendlich muss mit der Ermittlung der Unfallursache wie in keinem anderen Bereich die Frage der Haftung geklärt werden, da meistens hohe Kosten übernommen werden müssen. Fluggesellschaft, Hersteller, Flugaufsicht und Versicherung vertreten dabei naturgemäß unterschiedliche Interessen. Die Untersuchungsbehörde ist nicht zuletzt deshalb gesetzlich dazu verpflichtet, ein Ereignis unabhängig, objektiv und weisungsfrei aufzuklären.

[1] Nach der Definition der IATA bedeutet ‚Flugunfähigkeit’, dass ein Mitglied der Besatzung aus physischen oder psychologischen Gründen nicht mehr in der Lage ist, den Flugauftrag auszuführen.

Bei der Erfassung der Daten von Flugunfällen gibt es jedoch keine übergreifend geregelte Vorgehensweise oder Form der Beschreibung. Das Ergebnis der Untersuchung wird meist in einem umfangreichen Untersuchungsbericht zusammengefasst. Bei Flugereignissen fallen im günstigsten Fall eine Vielzahl unterschiedlicher Daten an, deren Erfassung zwar aufwendig ist, die aber durchaus zu einer vollständigen Aufklärung der Ursache beitragen können. Untersuchungsberichte werden meistens in Form von freier Beschreibung abgefasst, in denen hoher Wert auf eine exakte Darstellung der Ereignissachverhalte gelegt wird. Durch die freie Beschreibung sind Flugunfälle schwierig miteinander vergleichbar, da zunächst Unfallberichte, die nach nationalen Vorgehensweisen erstellt wurden, in eine einheitliche, vergleichend auswertbare Form gebracht werden müssen. In der Praxis bestehen „Unfalldatenbanken" bei Luftfahrtunternehmen oder Herstellern aus Schrankwänden mit Hängeregistern, in denen Berichte und Veröffentlichungen gesammelt werden. Quantitative Auswertungen können damit allenfalls nur mühsam von Hand durchgeführt werden. Aufgrund des relativ seltenen Vorkommens von Flugereignissen scheint gerade die Luftfahrt davon profitieren zu können, wenn bei der Analyse von menschlichen Fehlhandlungen Vergleichsdaten aus anderen Fachgebieten zur Verfügung stehen würden. Andererseits besteht aber auch jedes Flugereignis aus einer Vielzahl von Einzelaspekten, die für sich betrachtet ausreichend Datenmaterial für vergleichende Analysen liefern könnten.

Erfassung von Beinahe-Ereignissen bei Fluggesellschaften

Fluggesellschaften haben in der Regel ein hohes Interesse daran, potentielle Risiken frühzeitig zu erkennen. Die Erfassung von Zwischenfällen bzw. Beinahe-Ereignissen spielt hier eine bedeutende Rolle. Bei Zwischenfällen konnten schlimmere Folgen vielleicht gerade noch verhindert werden, d. h., der Zwischenfall könnte unter Umständen von den Betroffenen auch verschwiegen werden. Davon muss insbesondere dann ausgegangen werden, wenn sich die Betroffenen durch ihre Angaben selbst belasten würden. Um trotzdem an die Informationen zu kommen, haben viele Fluggesellschaften anonyme Foren und Meldemöglichkeiten eingerichtet. Dabei haben Mitarbeiter meistens die Möglichkeit, mit freien Schilderungen oder durch Ausfüllen von Ankreuzformularen über sicherheitskritische Erlebnisse zu berichten, die dann von Experten ausgewertet, und als Sicherheitsinformation anonymisiert betriebsintern verbreitet werden. Begünstigend auf dieses Vorhaben wirkt sich aus, dass in der Fliegerei die Mehrzahl der Mitarbeiter ein vergleichsweise hohes individuelles Verantwortungsbewusstsein an den Tag legt, bei dem die eigene Arbeit immer wieder selbstkritisch hinterfragt wird. Diese Grundhaltung wurde in zahlreichen Gesprächen und Beobachtungen deutlich und mag vielleicht daran liegen, dass Piloten im Cockpit im elementaren Zentrum zwischen der Gefahr voraus und den Menschen sitzen, für die sie Verantwortung tragen. Dieses spürbare Eingebundensein würde bestimmt auch Sicherheitsexperten und Mitarbeitern in anderen Bereichen zu einem besseren Bewusstsein ihrer Verantwortung verhelfen. Ein Umstand, den auch ELEUTHÈRE IRÉNÉE DU PONT erkannte und deshalb seine Vorarbeiter mit ihren Familien in der Nähe der Schwarzpulverfabriken ansiedelte, nachdem es im Jahr 1818 zu einer schweren Explosion auf dem Werksgelände kam. Heute nimmt die Firma DUPONT eine zwar nicht unumstrittene aber doch anerkannte Vorbildfunktion auf dem Gebiet der Arbeitssicherheit ein.

Gerade bei der Auswertung von Daten über Beinaheereignisse macht es Sinn, zusätzlich zur qualitativen Bewertung auch quantitative Methoden einzusetzen. Zwischenfälle ereignen sich in der Regel häufiger als tatsächliche Unfälle, so dass mit einer geeigneten Dokumentationsmethode effektiv eine Suche nach systematischen Fehlermechanismen vorbereitet werden kann. Anonymität und außer Acht lassen der Schuldfrage haben dabei allerdings oberste Priorität, da sonst schnell die Offenheit und das Vertrauen der Mitarbeiter verloren gehen kann.

1.3.4 Kernkrafttechnik

Meldewesen in Deutschland

In Deutschland müssen Kernkraftwerke und Forschungsreaktoren ab einer thermischen Dauerleistung von 50 Kilowatt Ereignisse, die bundeseinheitliche Kriterien erfüllen, an die atomrechtlichen Aufsichtsbehörden melden. Je nachdem wie stark sicherheitstechnische Einrichtungen in der Anlage betroffen sind, muss die Meldung innerhalb abgestufter zeitlicher Fristen erfolgen, die von „unverzüglich“ bis zu „zehn Tagen“ dauern (Sofort-, Eil- und Normalmeldung). Die Meldung erfolgt dabei mit einem behördlichen Meldeformular nach vorgegeben Meldekriterien, die eine Klassifizierung nach Ort, Vorgang, Mittel und Objekte darstellen. Mit diesem Meldeverfahren soll der bei entsprechenden Ereignissen

notwendige Informationsfluss zwischen Betreiber, Gutachter, Behörde und ggf. weiterer Stellen (Polizei, Rettungsdienste, Katastrophenschutz) gewährleistet werden. Längerfristig soll damit der Sicherheitsstatus der Anlagen überwacht und ein Erfahrungsaustausch in Gang gebracht werden. Ein Überblick über die gemeldeten Ereignisse wird regelmäßig vom BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ (BFS) veröffentlicht (www.bfs.de). Dessen Quartals- und Jahresberichte enthalten Kurzbeschreibungen zu den Ereignissen, die als Sofort- oder Eilmeldung eingegangen sind, jedoch keine weiter gehenden Angaben über deren detaillierte Ursachen. Davon unabhängig werden alle meldepflichtigen Ereignisse nach der siebenstufigen Bewertungsskala INES (INTERNATIONAL NUCLEAR EVENT SCALE) der INTERNATIONALEN ATOMENERGIEBEHÖRDE IAEA (www.iaea.org) eingestuft, um nukleare Ereignisse weltweit einheitlich hinsichtlich ihrer Bedeutung einordnen zu können. Die Skala reicht von "Sicherheitsrelevanten betrieblichen Störungen" (1) bis zu "Katastrophalen Unfällen mit erheblicher Freisetzung von Radioaktivität und schwersten Folgen für Gesundheit und Umwelt in einem weiten Umfeld" (7)[1] (IAEA, 2001; KOTTHOFF, 1994). Unterhalb der Skala (0) werden alle übrigen Ereignisse eingeordnet, die keine oder nur geringe sicherheitstechnische Bedeutung besitzen. Eine Klassifizierung in menschliche, technische und organisatorische Ursachen erfolgt dabei nicht. Ereignisse unterhalb der behördlichen Meldeschwelle werden nach anlageninternen Vorgehensweisen erfasst und in der Regel nur innerhalb des jeweiligen Unternehmens ausgewertet.

In dem behördlichen Meldeformular werden der Anlagenzustand zum Ereigniszeitpunkt, die beteiligten Einrichtungen und etwaige Auswirkungen auf Anlage und Umwelt abgefragt. Der Ablauf der Ereignisse muss danach in freier Textform beschrieben werden. Als Leitfaden sind hierzu sechs Felder vorgegeben: Beschreibung, Auswirkungen, Maßnahmen, Behebung, Ursache, Erkennung und Vorkehrung gegen Wiederholung. Anschließend folgt eine Seite mit einer Stichwortliste, auf der zu denselben Punkten passende Begriffe angekreuzt werden sollen. Das Ereignis wird also mit freiem Text und mit einer Klassifizierung nach Begriffen beschrieben. Die freie Beschreibung dient zur qualitativen Analyse, die Ankreuzlisten zur statistischen Erfassung des Ereignisses.

Bei der anlageninternen Erfassung von Ereignissen werden meistens schriftliche Störungsberichte angefertigt. Diese Berichte sind in der Regel in freier Beschreibung abgefasst, halten sich jedoch meistens an folgende allgemeine Gliederung: Zusammenfassung, Störungsablauf, Analyse, Bewertung und Maßnahmen.

Anzahl meldepflichtiger Ereignisse

Die Abbildung 1-5 gibt einen Überblick über die Entwicklung der Anzahl der *gemeldeten* „Meldepflichtigen Ereignissen“ in deutschen kerntechnischen Anlagen ab einer thermischen Dauerleistung von 50 kW. Neben der Gesamtzahl der gemeldeten Ereignisse sind auch die Zahlen der Ereignisse aufgetragen, die gemäß der INES-Skala den Stufen 1 *(= Störung*) und 2 (= *Störfall*) zugeordnet wurden[2]. Bei keinem gemeldeten Ereignis in Deutschland wurde bislang die INES-Stufe 3 (= *Ernster Störfall*) vergeben. Somit gab es bisher drei Ereignisse, die gemäß der INES-Skala der Stufe 2 zugeordnet wurden.

Aus der Abbildung 1-5 geht weiter hervor, dass die Mehrzahl der gemeldeten Ereignisse keine oder nur geringe sicherheitstechnische Bedeutung besitzt. Im betrachteten Zeitraum zeigt der Verlauf der Gesamtanzahl zunächst eine abnehmende Tendenz, die sich in den letzten Jahren einzupendeln scheint. Dieser Verlauf ist vor dem Hintergrund zu bewerten, dass Ende der 80er Jahren die letztere größere Kernkraftanlage zur Stromproduktion ans Netz ging. Die Anlagen scheinen sich im Laufe des Betriebs hinsichtlich der Ereigniszahlen allmählich zu verbessern. Inwieweit sich der nationale Beschluss zum Ausstieg aus der Kerntechnik und die zunehmende Betriebsdauer auf die weitere Entwicklung der Zahlen auswirkt, bleibt offen. Allerdings kann hier ein wieder ansteigender Verlauf gemäß einer Badewannenkurve nicht ausgeschlossen werden. Freiwilliges Engagement in kerntechnischen Anlagen, sei es bei Nachrüstungen, beim Wissens- oder Personalmanagement wird bei vorgegebenen Restlaufzeiten zwangsläufig an Attraktivität verlieren, was sich erwartungsgemäß ungünstig auf das Ereignisgeschehen auswirken kann.

---

[1] Die Stufen der INES-Skala tragen nach der Übersetzung in KOTTHOFF (1994) folgende Bezeichnungen: 0 – Unterhalb der Skala, 1 – Störung, 2- Störfall, 3 – Ernster Störfall, 4 – Unfall, 5 – Ernster Unfall, 6 – Schwerer Unfall, 7 – Katastrophaler Unfall.

[2] Im Sprachgebrauch der Kernkraftwerke ergibt sich daraus ein wesentlicher Unterschied zwischen einer „Störung“ und einem „Störfall“, der insbesondere von Laien beherzigt werden sollte, um Missverständnisse zu vermeiden.

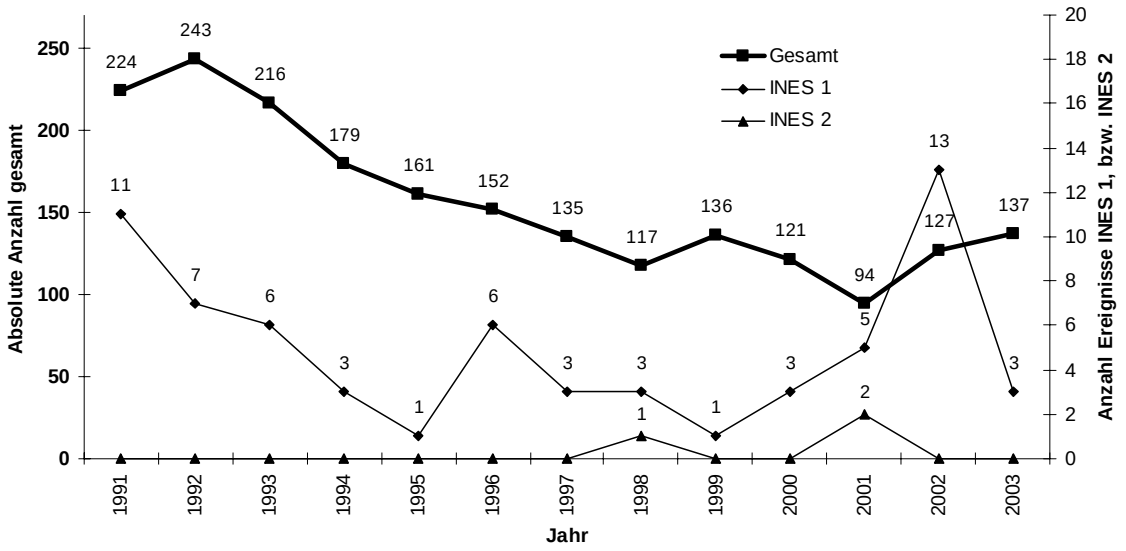


Abbildung 1-5: Anzahl meldepflichtiger Ereignisse in deutschen kerntechnischen Anlagen in den Jahren 1991-2003 (BFS, 1992-2004)

HF-Untersuchungen

Die Störungsberichte enthalten üblicherweise eine sehr präzise Darstellung des technischen Ereignisverlaufes. Obwohl davon ausgegangen werden muss, dass auch in diesem Bereich menschliche Handlungsfehler zum Ereignisgeschehen beitragen, wird in einer im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Anlage in den Störungsberichten der vergangenen Jahre eher spärlich auf diesen Punkt eingegangen. Nur wenn gravierende Fälle menschlicher Fehleinflüsse deutlich wurden, wurde zusätzlich zum normalen Störungsbericht, ein so genannter Human-Factor-Bericht angefertigt und entsprechend weitergehend analysiert (WILPERT, 1994, 1997; VGB, 1995). Die arbeitswissenschaftlichen Grundlagen, die bei der Einrichtung eines betrieblichen HF-Systems beachtet werden sollten, wurden von BUBB (1997) beschrieben. Hierin wird im Wesentlichen die Bedeutung der leistungsbeeinflussenden Faktoren hervorgehoben und die strikte Trennung in auftretens- und ursachenorientierter Klassifizierung begründet. Aufgrund der aktuellen Entwicklung in der Frage der Sicherheit von kerntechnischen Anlagen werden zunehmend ganzheitliche Ereignisanalysemethoden eingesetzt (VGB, 2003). Im Grunde handelt es sich aber dabei nur um die konsequente Umsetzung der ursprünglichen Forderung von BUBB an den HF-Ansatz, dass stets das gesamte Arbeitssystem betrachtet werden sollte.

Fazit

Schwere Unfälle, wie der in TSCHERNOBYL 1986 (INES-Stufe 7), bei dem laut offiziellen Angaben im Rahmen eines Experiments wichtige Sicherheitseinrichtungen umgangen wurden und es so zur Explosion und Freisetzung von Radioaktivität kam, können als sehr seltene Ereignisse eingestuft, aber nicht ausgeschlossen werden. Allerdings setzt sich auch dieses Ereignis aus einer unglücklichen Verkettung bestimmter Handlungen und Gegebenheiten zusammen, die jeweils für sich allein nicht zu einer Katastrophe geführt hätten. Immer wieder kommt es aber auch bei dem ausgewiesen hohen Sicherheitsniveau in Deutschland zu Ereignissen, die es nach der Selbstdarstellung der Anlagen eigentlich nicht geben dürfte und die das trotz allem vorhandene Risikopotential vor Augen führen. Solche Handlungsmuster und Umstände als latente Gefahrenquellen zu erkennen, ist die wesentliche Forderung an ein zukünftiges Ereignisanalyseverfahren. Dazu sollte aber jedes noch so unterschwellige Vorkommnis erfasst und systematisch in die Auswertung einfließen. Hierbei lässt sich Potential nützen, das in den Anlagen ohnehin vorhanden ist. Mit den Störungsberichten werden die meisten Ereignisse bereits ausreichend qualitativ erfasst und bewertet. Ebenso gibt es für Ereignisse unterhalb der Meldeschwelle detaillierte Störungsberichte und in etwas geringerem Umfang liegen auch HF-Berichte vor, die bei Ereignissen mit einem auffällig hohen Anteil an menschlichen Einflüssen angefertigt wurden. In EDV-gestützten Betriebsführungssystemen werden die Ereignisse anhand klassifizierender Merkmale häufig auch schon statistisch erfasst. Das Ereignisanalysewesen ist zwar in den meisten Anlagen erfahrungsgemäß noch

wenig systematisiert, stellt jedoch eine gute Ausgangslage für eine entsprechende Weiterentwicklung dar.

1.4 Zusammenfassung

Anhand der dargestellten Beispiele kann beim Ereignisaufkommen und bei den Erfassungs- und Auswertemethoden eine Einteilung vorgenommen werden, die sich an der Ereignisschwere und an der Ereignishäufigkeit orientiert:

- Kleinereignisse, die öfters vorkommen, keine größeren Folgen nach sich ziehen und meist als Versicherungsfälle abgewickelt werden können, wie etwa leichte Verletzungen am Arbeitsplatz oder Verkehrsunfälle ohne Sachschäden. Solche Ereignisse werden mit einfachen Formularen erfasst und nur in Ausnahmefällen finden detailliertere Untersuchungen statt. Die Ereignisdokumentationen enthalten hauptsächlich die für die Versicherung relevanten Daten, wie etwa die persönlichen Angaben der Beteiligten, dagegen aber kaum Details zum Ereignishergang. Den Versicherungen genügen die Schilderungen der unmittelbar zuständigen Personen, wie etwa die der Fachkräfte für Arbeitssicherheit in den Betrieben oder die der Polizei im Straßenverkehr. Die entstandenen Unfallkosten sind relativ gering und es wird vermieden, diese durch hohe Aufwände bei der Erfassung zusätzlich zu erhöhen. Die Daten werden meist nur für allgemeine statistische Informationszwecke ausgewertet.
- Für folgenreiche oder spektakuläre Ereignisse wie Flugzeugabstürze oder Tankerunglücke gibt es im Vorfeld meistens nur allgemein gehaltene Krisenpläne, die das Vorgehen bei einem Ernstfall nur nach organisatorischen Gesichtspunkten vorgeben können. Solche Ereignisse werden bedarfsorientiert gemäß ihren jeweiligen Gegebenheiten erfasst und in umfangreichen Ereignisberichten in freier Form dokumentiert. Der Erfassungsaufwand spielt angesichts der ohnehin sehr hohen Folgekosten eine untergeordnete Rolle, weil eher eine schnelle und umfassende Aufklärung im Vordergrund steht. Es wird dabei auf eine gute qualitative Erfassung Wert gelegt. Eine quantitative Auswertung wird wegen der Seltenheit der Ereignisse kaum durchgeführt, sie werden allenfalls im Nachhinein statistisch erfasst. Ausnahmen sind Serienereignisse, bei denen ein Verdacht auf eine gemeinsame Ursache besteht und deshalb bestimmte Details des Ereignisses systematisch miteinander verglichen werden müssen.
- Dazwischen gibt es noch Ereignisse mit mittlerer Häufigkeit und Schwere, wie etwa meldepflichtige Ereignisse in Kernkraftwerken oder Verkehrsunfälle mit Personenschäden. Diese werden sowohl einzeln qualitativ als auch in gewissem Umfang quantitativ ausgewertet. Bei der Einzelfallauswertung stehen Aspekte wie die Klärung der Schuldfrage, die Feststellung des Ausmaßes oder die Erarbeitung von Gegenmaßnahmen im Vordergrund. Die statistische Auswertung dient wie bei den Kleinereignissen meistens nur zu Informationszwecken. Darüber hinaus werden manchmal Ereignisse selektiert und quantitativ ausgewertet, um Risikoabschätzungen vorzunehmen oder um gemeinsame Ursachen bestimmen zu können. In unterschiedlichem Umfang werden Ereignisse auch dahingehend untersucht, ob sie sich auf andere Bereiche oder Systeme übertragen lassen.

Die gegenwärtige Praxis der Ereignisuntersuchung ist im Wesentlichen auf eine qualitative Einzelanalyse hin ausgerichtet. Nach Eintreten eines Ereignisses wird dieses erfasst, ausgewertet und Maßnahmen mit dem Ziel entworfen, dass sich ein genau solches nicht wiederholt. Bei dieser Vorgehensweise kann aber prinzipiell nicht zwischen sporadischen, zufälligen oder systematischen Fehlern unterschieden werden. Um dies zu erläutern, soll folgendes Beispiel dienen, das auf einem realen Fall basiert.

> *Beispiel: In einem Energieunternehmen gibt es einen Monteur, der sich grundsätzlich nicht an die für ihn geltenden Arbeitsvorschriften gebunden fühlt. Er macht seine Tätigkeit schon seit über fünfundzwanzig Jahren und hat sich im Lauf der Zeit von den Regeln abweichende Methoden angewöhnt, die seiner Meinung nach wesentlich schneller und effektiver zum Arbeitsergebnis führen. Das höhere Gefährdungspotential, das damit verbunden ist, schätzt er, wegen seines hohen Könnens, als gering ein. Aufgrund seiner Arbeitsleistung wird er von Kollegen und Vorgesetzten geschätzt. Zwar ist sein Verhalten bei den Kollegen bekannt, aber niemand will ihm gegenüber Kritik äußern. Diesem Monteur wird nun ein neuer Mitarbeiter zur Seite gestellt, der erst kurz zuvor seine Lehre beendet hat. Durch die Zusammenarbeit eignet sich der neue Mitarbeiter die Methoden des „alten Hasen" an, allerdings ohne die entsprechende Übung zu besitzen. Es kommt zu einem elektrischen Unfall an einem Schaltschrank, der nicht vorschriftgemäß auf Span-*

nungsfreiheit geprüft wurde. Die Unfallursache wird im Untersuchungsbericht als „Menschlicher Fehler" angegeben und es werden nachfolgend Überlegungen in der Richtung angestellt, ob an dem Schaltschrank sicherheitstechnische Änderungen notwendig sind und ob das Ausbildungsprogramm bezüglich der Vorschriften zu "Arbeiten unter Spannung" intensiviert werden muss.

Würde dieser Unfall nur für sich alleine betrachtet werden, so ließe sich kaum die dahinter liegende Ursache erkennen. Es war Zufall, wo und wann sich der Unfall letztlich ereignete. Das aktuelle Geschehen lenkt davon ab, dass eigentlich ein systematisches Verhalten den Unfall verursacht hat. Eine solche Erkenntnis bringt erst eine vergleichende Analyse vieler Unfälle in einem Unternehmen. Und auch nur dann, wenn der Unfall umfassend und detailliert erfasst wurde, also auch scheinbare Nebensächlichkeiten mit in den Bericht aufgenommen wurden. Eine Häufung von solchen Randaspekten könnte letztlich in diesem Fall einen Hinweis drauf geben, dass es immer wieder dann zu Unfällen kommt, wenn neue Mitarbeiter bestimmte sicherheitswidrige Arbeitsweisen von erfahrenen Kollegen übernehmen. Nach solchen Systematiken wird in der Regel nicht gesucht, weil sie ja von vorneherein nicht bekannt sind. Bei der Polizei gibt es die Methode der verdachtsunabhängigen Kontrollen, d. h., es werden auch Personen überprüft, die eigentlich unverdächtig erscheinen. Dieses Verfahren ließe sich auch auf die Unfallforschung übertragen. Nämlich dann, wenn bei ganzheitlich erfassten Ereignissen mit Rechnerunterstützung systematisch nach Häufungen von beliebigen Unfallumständen gesucht werden würde. Dazu ist es aber notwendig, dass die Ereignisse mit hohem Detaillierungsgrad und einheitlicher Beschreibung in einer Datenbank vorliegen. Außerdem ist eine konsequente Trennung in auftretens- und ursachenorientierte Klassifizierung aus bereits genannten Gründen unerlässlich.

Die hier exemplarisch besprochenen Bereiche Straßenverkehr, Arbeitssicherheit, Luftfahrt und Kernkrafttechnik haben alle gemeinsam, dass in den meisten unerwünschten Ereignissen Personen eine Rolle gespielt haben, die eine Aufgabe zu erfüllten hatten. Natürlich sind die Umgebungen, die Arbeitsobjekte und -mittel in den Bereichen mitunter sehr verschieden. Diese Vielfalt lässt sich aber, wie noch gezeigt wird, durch eine differenzierte Betrachtung reduzieren und auf ein vergleichbares Niveau bringen. Zum Beispiel gibt es in allen Bereichen Bedienelemente, die von Personen zu festgelegten Zwecken betätigt werden. Der Grund dafür, dass ein solches Element falsch bedient wurde, kann in allen Bereichen derselbe sein. Was die Fehlbedienung zur Folge hat, hängt natürlich wieder von der Funktion des Elements ab, spielt jedoch für die Ursache der Fehlbedienung nur eine untergeordnete Rolle. THEIS (2002) konnte nachweisen, dass Vorhersagen über Verhaltenstendenzen bei Autofahren aus Verhaltensmustern von Mitarbeitern in Kernkraftwerken getroffen werden können. Daraus deutet sich das Potential eines interdisziplinären Erfahrungsaustausches an, das mit einer quantitativen Analyse von Ereignissen aus unterschiedlichen Fachbereichen zur Verfügung stehen würde.

Eine systemische Betrachtung von Ereignissen in unterschiedlichen Fachbereichen zeigt weiter, dass diese durchaus ähnlicher sein können, als es vielleicht zunächst den Anschein hat. Diese Ähnlichkeit wird noch verstärkt, wenn unabhängig von der jeweils spezifischen Systemtechnik nach den tiefer liegenden Ereignisumständen gefragt wird. Der Hauptgrund dafür liegt darin, dass der arbeitende und zuweilen fehlerhafte bzw. versagende Mensch in den meisten Arbeitssystemen als gemeinsamer Faktor angesehen werden kann. Wenn der Mensch einen Schalter falsch bedient, kann die Ursache dafür in allen Arbeitsumgebungen und Situationen der gleiche sein. Trotzdem zeichnet sich bis heute noch kein nennenswerter interner oder externer Erfahrungsaustausch bei der Ereignisanalyse in und zwischen den einzelnen Fachbereichen ab. Ein wesentlicher Grund dafür liegt sicher auch darin, dass eine Grundvoraussetzung in Form einer einheitlichen und universellen Beschreibungsform, die solche Vergleichsstudien praktikabel machen würde, bislang nicht existiert. Möglicherweise ist auch das Potenzial einer solchen Vorgehensweise noch nicht ausreichend erkannt oder wird durch zu viel Geheimniskrämerei bei der Handhabung der Daten unterdrückt. Eventuell ist man an den entscheidenden Stellen noch nicht zu der Einsicht gelangt, dass nicht der Mensch einen Fehler macht, sondern immer nur ein ganzes Arbeitssystem versagt. Den fehlerfreien Menschen gibt es nicht - und wird es auch niemals geben. Menschliches Versagen ist keine Ursache, sondern einen Hinweis auf tiefere Fehler im System. Systematische Fehler lassen sich nur durch quantitative Auswertungen als solche identifizieren und nur durch Bekämpfung der Systematik wirkungsvoll vermeiden. Um eine Lösung für dieses Ausgangsproblem zu finden, wird im folgenden Kapitel eine Methode entwickelt, mit der sich einmal ermittelte Ereignisdaten in einheitlicher, umfassender und detaillierter Form dokumentieren lassen.

2. ENTWICKLUNG DES ANSATZES DER ERFASSUNGSMETHODE

2.1 Grundsätzliches

Ereigniserfassung ist im Allgemeinen umso besser, je mehr Sachverhalte ermittelt und unverfälscht festgehalten werden. Allerdings stehen diesem Bestreben in der Praxis einige Hindernisse im Weg, aus denen sich aber auch grundsätzliche Forderungen an eine Erfassungsmethode ableiten lassen:

- Ereignisdaten sind immer *lückenhaft*. Es kann nie davon ausgegangen werden, dass ein Ereignis vollständig erfasst wurde bzw. dass alles über ein Ereignis bekannt ist. Ereigniserfassung sollte ständig für neuere Erkenntnisse und Wendungen offen bleiben. Nicht schließbare Datenlücken machen es manchmal unumgänglich, dass Annahmen getroffen werden müssen, um mit der Erfassung voranzukommen. Allerdings müssen diese Annahmen als solche gekennzeichnet werden, sonst verwandeln sie sich im Laufe der Zeit von selbst in unumstößliche Tatsachen. Gibt es für die Annahmen mehrere Alternativen, so sollten diese alle angegeben werden. Es empfiehlt sich, bei jedem Ereignis gesondert eine reine Tatsachensammlung anzufertigen, die nur auf Fakten beruht und keine ergänzenden Annahmen enthält. Es ist besser, sich zu Lücken oder Ungenauigkeiten (siehe nächster Punkt) zu bekennen, anstatt sie aus einem Zwang zur Vollständigkeit oder aus Erklärungsnot mit Spekulationen oder nicht nachweisbaren Behauptungen aufzufüllen.
- Ereignisdaten können *ungenau* sein. Daten der realen Welt lassen sich nur mit eingeschränkter Sicherheit ermitteln oder nur vage bestimmen. Oftmals gibt es für bestimmte Sachverhalte eines Ereignisses einen mehr oder weniger großen Unschärfebereich. Mit diesen Ungenauigkeiten sollte so ähnlich wie mit den Lücken verfahren werden. Grundsätzlich sollte jede Information Angaben darüber enthalten, wie sicher sie bestimmt werden konnte. Dazu genügt meist bereits eine grobe Angabe durch Begriffe wie „sicher“, „wahrscheinlich“ oder „möglich“, die den jeweiligen Informationen zugeordnet werden. Auch Ungenauigkeiten neigen dazu, sich in erwiesene Sachverhalte zu verwandeln, wenn sie bestimmte Erwartungen hinsichtlich des Ereignisses erfüllen.
- Ereigniserfassung ist *aufwendig*. Nicht jedes Ereignis kann oder sollte mit unbegrenzt hohem Aufwand untersucht werden. Die Verhältnismäßigkeit der Mittel sollte gewahrt bleiben. Aber es ist klar, dass selbst die beste Auswertung Fehler oder Nachlässigkeit bei der Erfassung nicht wieder gut machen kann. Ein interdisziplinärer Ansatz könnte jedoch den Weg dafür bereiten, dass Erfassungskosten anders verteilt werden können. Wenn nicht nur der unmittelbar betroffene Bereich, sondern auch fachfremde Branchen von den Erkenntnissen profitieren, könnten vielleicht weitere Mittel bereitgestellt werden, um auch aus Klein- oder Beinaheereignissen Erfahrungen zu gewinnen. Diese gehen bislang verloren, weil für ihre Untersuchung schlicht kein Geld zur Verfügung steht oder weil sich innerhalb des Fachbereichs niemand dafür interessiert.
- Ereignisse sind *inhomogen*. Grundsätzlich ist kein Ereignis genau wie ein anderes. Methoden, die für die Erfassung des einen Ereignisses passen, können für ein anderes völlig ungeeignet sein. Ereigniserfassung erfordert ein hohes Maß an Flexibilität und Anpassungsfähigkeit an unterschiedlichste Gegebenheiten. Eine optimale Erfassungsmethodik arbeitet dabei wie ein Trichter mit einem möglichst breiten Rand und einem engen Ablauf. Alle anfallenden Daten werden aufgenommen und systematisiert dargestellt. Alle Information, die auf der einen Seite hineingehen, müssen auch auf der anderen Seite wieder herauskommen, d. h., es dürfen bei der Erfassung keine Daten verloren gehen. Aufgrund der Vielfalt der Ereignisse muss die Methode universell anwendbar sein.
- Ereigniserfassung ist *interessenbehaftet*. Alle an einem Ereignis beteiligten oder von den Folgen betroffenen Personen haben ein bestimmtes Interesse an Erfassung und Auswertung. Aus diesem Interesse kann sich eine Erwartungshaltung oder ein Verhalten ergeben, das die Erfassung ungünstig beeinflussen oder verfälschen kann. Wer sich mit Ereignissen beschäftigt, sollte zumindest selbst darüber im Klaren sein, welches Interesse er oder sie bei der Ereigniserfassung verfolgt. Optimal, wenngleich kaum realisierbar wäre es, wenn alle Beteiligten ihr jeweiliges Interesse offen legen und sich im Bewusstsein dessen trotzdem um eine Tatsachenermittlung bemühen. So könnte einer bestimmten Erwartungshaltung bei Erfassung und Auswertung konstruktiv begegnet werden.
- Ereigniserfassung *stößt auf Widerstand*. Wer nach den Hintergründen eines Ereignisses sucht, stößt unter Umständen auf Widerstände bei Mitarbeitern und macht sich entsprechend unbeliebt. Je tiefer

gegraben wird, desto größer wird erfahrungsgemäß der Widerstand. Ereigniserfassung widerspricht dem Bestreben, lieber Gras über eine Sache wachsen zu lassen. Ereignisse offenbaren Fehler, Schwächen und Schuld von Menschen, aber auch die Unvollkommenheit von Technik und Organisationen und sind oft mit Leid, Tabus oder Verlust von Ansehen verbunden. Ereigniserfassung erfordert deshalb zu jedem Zeitpunkt Respekt, Anstand und Feingefühl im Umgang mit den Betroffenen.

2.1.1 Erfassungsbeeinflussende Ereigniskriterien

In allen Arbeitsbereichen, in denen solchen unerwünschten Ereignissen nachgegangen wird, haben sich spezielle, oftmals pragmatische Methoden entwickelt, diese zu erfassen. Einheitliche Standards bildeten sich aber nur in einzelnen Bereichen oder Unternehmen heraus. Es ist bislang nicht bekannt, dass branchenübergreifende Erfassungsmethoden existieren. Um Ordnung in die Vielfalt der einzelnen spezifischen Methoden zu bringen, werden diese nach verschiedenen Kriterien eingeteilt, vgl. HOYOS, 1980. Zu diesen Kriterien gehören:

- Der *Verwendungszweck* der Daten: Sollen die Daten nach der Erfassung ausgewertet oder lediglich archiviert werden? Sollen daraus Maßnahmen abgeleitet werden? Folgt eine statistische Auswertung oder sind sogar Sicherheitsbewertungen anhand der Daten beabsichtigt? Der Verwendungszweck bestimmt in der Regel den Aufwand der Erfassung. Es können allgemein drei Arten der weiteren Verwendung von Ereignisdaten unterschieden werden: Dokumentation, Information und Bewertung. Dokumentation umfasst die Archivierung der Daten, Information steht für die Verwendung der Daten zum Erreichen eines bestimmten Informationszieles und Bewertung deutet die Feststellung von Ursachen und ursächlichen Zusammenhängen. In der Praxis vermischen sich diese Verwendungsarten miteinander. Bei der reinen Dokumentation wird im besten Fall auftretensorientiert vorgegangen.
- Die *Intensität* der Ursachenermittlung: Wie gut soll ein Ereignis aufgeklärt werden? Welche Mittel stehen zur Verfügung? Wie hoch sollte oder darf der Aufwand sein? Wie schnell sollte das Ergebnis vorliegen? Welcher interne oder öffentliche Druck lastet auf der Ereignisuntersuchung?
- Der *Zeitpunkt* der Erhebung: Werden Ereignisse unmittelbar nach ihrem Eintritt oder erst zu einem späteren Zeitpunkt erfasst? Welche Datenquellen sind zu welchem Zeitpunkt noch zugänglich? Je zeitnaher ein Ereignis erfasst wird, desto mehr Datenmaterial fällt für gewöhnlich an.
- Die *Datenlage:* Liegen zu einem Ereignis vermehrt technische Daten vor oder muss man sich eher auf Zeugenaussagen stützen? Welche Datenquellen werden berücksichtigt?
- Die *Ereignisschwere:* Wie schlimm sind die Folgen, wie hoch die Kosten? Davon hängen meist die verfügbaren Mittel oder der – mehr oder weniger öffentliche - Druck ab, der auf der Ursachenermittlung lastet.
- Der *Fachbereich*: Jeder Arbeitsbereich hat spezifische Gegebenheiten, die ggf. besonders berücksichtigt werden müssen oder von speziellem Interesse sind.
- Fragen der *Geheimhaltung*: Wie öffentlich ist ein Ereignis? Wer darf Einsicht in die Ereignisakten erhalten? Wie zugänglich sind die Datenquellen? Müssen mehrere Berichte mit unterschiedlicher Vertraulichkeit erstellt werden?
- Die *Ereignishäufigkeit*: Kommt es in einem Bereich selten oder häufig zu Ereignissen? Wie häufig tritt das konkrete Ereignis auf? Für häufige Ereignisse mit ähnlichem Charakter stehen oftmals standardisierte Methoden bereit. Seltene Ereignisse werden mit einem solchen Standardvorgehen meist nur unzureichend erfasst und sollten daher mit modifizierten Methoden angegangen werden.

2.1.2 Ereignisdrehbuch

Im idealen Fall entspricht eine Ereignisbeschreibung einem „Drehbuch“, nach dessen Angaben ein Ereignis, so wie es tatsächlich stattgefunden hat, zu jedem späteren Zeitpunkt nachgestellt oder simuliert werden könnte. In einem realen Drehbuch finden sich alle Informationen zur Kulisse, zu den Figuren, zur Handlung und zu den Requisiten. Ein gutes Ereignisdrehbuch lässt die Interpretation offen. Es gibt die Fakten vor, lässt aber den Blickwinkel der Betrachtung offen. Wichtigstes Mittel um Ereignisinformationen festzuhalten ist die schriftliche festgehaltene verbale Beschreibung. Jedes Ereignis besitzt Quellen, die zunächst Rohdaten über das Geschehene liefern. Zu diesen Rohdatenquellen gehören im Wesentlichen:

- Aussagen von Beteiligten (Betroffene, Zeugen, Dritte)

- Daten-, Ton- und Bildaufzeichnungen
- Zustand des Ortes, der Objekte und der Personen nach dem Ereignis

Während die Aussagen von Personen bereits größtenteils in verbaler Form vorliegen, müssen die technischen Daten und die Zustände erst in eine sprachliche Form gebracht werden, um eine einheitliche Gesamtbeschreibung zu erhalten. Bilder, Filme, Tonaufnahmen, Skizzen oder Kennlinien können die verbale Beschreibung ergänzen, sollten sie aber grundsätzlich nicht ersetzten. Mit der Sammlung von Rohdaten ist die Ereignisbeschreibung noch nicht abgeschlossen. Wichtig ist dabei aber, dass die Information der Rohdaten in möglichst ursprünglicher Form erhalten bleibt, am besten getrennt von der zusammenhängenden Beschreibung, um sie eventuell zu einem späteren Zeitpunkt wieder in Betracht ziehen zu können. Vergängliche Rohdaten wie etwa der Zustand des Ereignisortes, sollten im Sinne einer Spurensicherung in geeigneter Form festgehalten werden, z. B. durch Bild- und Filmaufnahmen oder durch detaillierte verbale Beschreibung.

Auf Grundlage der einzelnen Rohdaten muss ein zusammenhängendes Gesamtbild des Ereignisses erstellt werden. Hierzu werden die Daten zeitlich geordnet, zueinander in Beziehung gesetzt und auf Plausibilität überprüft. In der Regel ist damit der wesentliche Ereigniskern beschrieben. Um das Bild zu vervollständigen, werden weitere Informationen oder Sachverhalte hinzugefügt, die bislang vielleicht nur eine Nebenrolle gespielt haben. Dazu gehören etwa Randbedingungen, begleitende Umstände, Einschätzungen von Experten und auch die Vor- und Nachgeschichte des Ereignisses. Sofern es der Aufwand zulässt, sollten hier auch scheinbar belanglose oder nebensächliche Gegebenheiten festgehalten werden. Spätestens an dieser Stelle wird eine methodische Vorgehensweise notwendig, um die angestrebte Ganzheitlichkeit der Beschreibung erzielen zu können. Beispielsweise können mit einer Checkliste systematisch alle wesentlichen Beschreibungsaspekte abgeprüft werden, und so grundsätzliche Einheitlichkeit und Vollständigkeit gewährleistet werden. Wird keine solche Systematik angewandt, kann es leicht passieren, dass nur positive, offensichtliche oder auffallende Gegebenheiten beschrieben werden. Etwas was *„nicht ist“* oder was als *„selbstverständlich“* erscheint, kann schnell aus dem Blickfeld geraten, selbst wenn dieses *„nicht Sein“* oder diese *„Selbstverständlichkeit“* unter Umständen eine wichtige Rolle bei einem Ereignis gespielt hat.

2.1.3 Befragung bzw. Beschreibung

Ein wesentlicher Bestandteil der Datenerhebung ist die Befragung von beteiligten Personen, Zeugen oder Experten zu einem Ereignis. Bei der Befragung soll hauptsächlich das implizite Wissen dieser Personen über das Ereignis in Erfahrung gebracht werden. Meistens hat eine befragte Person oft nur eine vage Vorstellung davon, was sie überhaupt über ein Ereignis weiß oder was von ihrem Wissen für die Ereigniserfassung von Bedeutung sein könnte. Grundsätzlich muss davon ausgegangen werden, dass die Antworten der befragten Person interessenbehaftet sind. Der Interviewer sollte sich deshalb schon vorab über die möglichen Absichten der befragten Person in Kenntnis setzen. Auch über den Zweck der Befragung sollte schon zu Beginn bei allen Beteiligten Konsens herrschen. In der hier angestrebten Befragung geht es stets um die Feststellung von subjektiven Sichtweisen. Die Frage: „Erzählen Sie, was sie erlebt oder wahrgenommen haben ... “ kann als Einstieg in die Befragung dienen, auf deren Grundlage das Wissen einer Person systematisch erarbeitet werden muss. Für die Gliederung der Befragung ist auch hier ein checklistenartiges Vorgehen angebracht, das ein umfassendes und einheitliches Abfragen gewährleistet. Wobei jedoch nicht durch eine zu strikte Systematik der Fall eintreten darf, dass spontan auftauchende Einzelaspekte ignoriert werden müssen, weil sie nicht in das System passen. Wer eine Befragung durchführt, sollte entsprechendes Fachwissen und Übung besitzen. Die Befragung wird in jedem Fall durch ein gutes Gesprächsklima, aktives Zuhören und einen respektvollen Umgang mit den Befragten positiv beeinflusst.

In der journalistischen Grundlagenliteratur werden bei Interviewpartnern drei verschiedene Personengruppen unterschieden, die sich nach dem Grad ihrer persönlichen oder fachlichen Betroffenheit einteilen lassen (GOLOMBEK, 1990):

1) Unbeteiligte und neutrale Beobachter

2) Beteiligte Objekte (Betroffene)

3) Beteiligte Subjekte (Akteure, Verantwortliche)

Auch im Umfeld von Ereignissen lassen sich exakt dieselben Personengruppen wiederfinden, so dass einige der folgenden Befragungsempfehlungen direkt aus der Pressearbeit übernommen werden können.

Als Grundregel für die Reihenfolge der Befragung gilt, dass zunächst mit den am geringsten Beteiligten bzw. Unbeteiligten begonnen wird und entsprechend dem zunehmenden Grad der Betroffenheit die Befragung fortgesetzt wird. Auf diese Weise kann sich auch die interviewende Person selbst die Zusammenhänge und Hintergründe erarbeiten und ist dann entsprechend vorbereitet, wenn sie sich den unmittelbar Betroffenen oder dem Kern der Expertenrunde nähert. Eine gute inhaltliche und formale Vorbereitung sind in jedem Fall so wichtig wie das Interview selbst.

Die Befragung wird im optimalen Fall als persönliches Gespräch durchgeführt, da hier die Befragung an den jeweiligen Gesprächsverlauf angepasst werden kann. Der Interviewer kann so zusätzlich auch die nonverbale Kommunikationsebene ausnutzen und gegebenenfalls direkt auf ein bestimmtes Verhalten des Befragten eingehen. Schriftliche Formen, wie etwa das Ausfüllen eines Fragebogens, eignen sich allenfalls zum Abfragen bekannter oder grundsätzlicher Aspekte. Ereignisspezifische Detailinformationen oder Hintergründe können bei dieser Vorgehensweise aber nicht erwartet werden.

Abgesehen von den unterschiedlichen Arten, wie Fragen formuliert werden können, kann die Befragung auch hinsichtlich der Freiheitsgrade der Antwortmöglichkeiten unterschieden werden. Die Eckpfeiler bilden hier offene und geschlossene Fragen, aus denen beliebig gemischte Fragenkomplexe aufgebaut werden können. Diese Unterscheidung wird kurz näher betrachtet, da sie sich in der gleichen Weise auch in den Beschreibungsformen wiederfindet, wodurch sich eine unmittelbare Verbindung zwischen der Erhebung und der Dokumentation von Daten gibt.

Offene Befragung / Beschreibung

Die typische offene Frage lautet: Was ist passiert? Die befragte Person kann daraufhin frei erzählen was sie weiß bzw. was sie offenbaren will. Sie muss sich dabei nicht eindeutig positionieren und kann eigene Schwerpunkte setzen. Die Antwort ist an keine spezielle Regel gebunden, außer natürlich die, dass auf die gestellte Frage eingegangen werden sollte. Auf offene Fragen wird in der Regel mit einer freien Beschreibung geantwortet.

Der Vorteil der freien Beschreibung ist, dass eine Person alles berichten kann und darf, was sie weiß. Offene Fragen eignen sich als Einstiegsfragen, bei denen eine Person sich erst einmal alles von der Seele reden kann, aber dabei auch Ansatzpunkte für Rückfragen liefert.

Antworten auf offene Fragen sind aber in der Regel nicht strukturiert und enthalten nur Angaben, die von der befragten Person auf die Frage hin als erwähnenswert erachtet werden. Bei solchen freien Beschreibungen sollte deshalb die Möglichkeit der Rückfrage bestehen. Freie Beschreibungen können zurzeit nur ansatzweise automatisiert ausgewertet werden.

Geschlossene Befragung / Beschreibung

Bei der geschlossenen Befragung muss eine Person bei Beantwortung einer Frage zwischen vorgegebenen Antworten auswählen. Zum Beispiel: Welches Signal hat die Ampel gezeigt: Rot, Gelb oder Grün? Bei Alternativfragen stehen zwei Antwortmöglichkeiten zur Auswahl, wie beispielsweise „ja“ oder „nein“. Bei so genannten Mehrfachvorgabenfragen stehen Antwortlisten zur Verfügung, aus denen entweder die Antwort höchsten Ranges ausgewählt werden muss (Intensitätsfragen) oder auch, je nach Vorgabe, ungeordnete Mehrfachnennungen möglich sind. Zu der geschlossenen Befragung zählt daher auch die häufig anzutreffende Kategorisierung nach qualitativen Merkmalen. Wenn etwa ein Polizeibeamter aus einer Liste mit Tatbeständen den passenden auswählen soll oder im amtlichen Formular für meldepflichtige Ereignisse in Kernkraftwerken bestimmte Stichworte zur Klassifizierung eines Ereignisses angekreuzt werden sollen.

Der Vorteil der geschlossenen Befragung liegt darin, dass sie sehr leicht ausgewertet werden kann. Außerdem können die Ergebnisse verschiedener Befragungen direkt miteinander verglichen werden. Mit geschlossenen Fragen lassen sich schnell vorgegebene Stichpunkte in eindeutiger Form abfragen. Diese Vorgehensweise eignet sich daher besonders für statistische Erhebungen, die automatisch ausgewertet werden sollen.

Bei der geschlossenen Befragung können jedoch Informationen verloren gehen, wenn beispielsweise nicht explizit nach einem bestimmten Sachverhalt gefragt wird oder wenn sich für ein bestimmtes implizites Wissen keine passende Ablagemöglichkeit finden lässt. Ebenso können Informationen verfälscht werden, wenn statt einer passenden Antwort, vielleicht aus einem inneren Antwortdruck heraus oder wegen sozialer Erwünschtheit, eine „nur fast“ passende oder sogar falsche angekreuzt bzw. angegeben wird. Die Vorbereitung der Antwortmöglichkeiten kann sich sehr aufwendig gestalten, da

sehr viele Aspekte von vorneherein berücksichtigt und diese in eine verständliche Form gebracht werden müssen.

Fazit

Wie und in welchem Verhältnis offen oder geschlossen befragt werden kann, beantwortet sich im Wesentlichen aus dem Verwendungszweck der erhobenen Daten, dem Aufwand, den die Befragung mit sich bringen darf, dem Grad der Anonymität, der bei der Befragung gewährleistet werden muss und der Frage, inwieweit die Methodik standardisiert werden soll (BMU, 1998).

Befragung und Beschreibung können hierbei analog betrachtet werden. Aus geschlossener Befragung entstehen geschlossene Berichte, aus offener Befragung entsprechend offene Beschreibungen. Ereignisberichte, die in freiem Text abgefasst sind, haben den Nachteil, dass derzeit kein Verfahren existiert, mit dem sie zu Analysezwecken bei zufrieden stellendem Detaillierungsgrad miteinander verglichen werden können. Sollen Ereignisse quantitativ ausgewertet werden, wird bislang meistens eine Klassifizierung nach vorgegebenen Stichworten angestrebt. Diese Klassifizierung wird entweder von Experten anhand der Befragungsergebnisse durchgeführt oder diese Aufgabe wird auf den Befragten übertragen, indem er bereits auf geschlossene Fragen antworten soll. Die damit verbundenen Nachteile hinsichtlich Datenverluste oder Verfälschungen sind oben beschrieben.

In der Praxis werden häufig auftretende Kleinereignisse eher mit geschlossenen und seltene große bzw. folgenschwere Ereignisse vermehrt mit offenen Methoden erfasst. Teilweise wird auch kombiniert vorgegangen, allerdings stets in getrennten Beschreibungen. Dabei wird meistens das Ereignis zunächst offen qualitativ beschrieben und zusätzlich spezielle Angaben noch einmal für quantitative Zwecke in geschlossener Form wiederholt abgefragt. Ein typisches Beispiel dafür ist das behördliche Formular für meldepflichtige Ereignisse in deutschen Kernkraftwerken.

2.1.4 Wertungsfreiheit

In der reinen Lehre im Pressewesen wird streng zwischen Bericht und Kommentar unterschieden. Diese Trennung ist die Grundvoraussetzung für eine freie Meinungsbildung. Ein Bericht enthält per Definition die Sachverhalte. Im Gegensatz dazu nimmt der Kommentar die Bewertung der Sachverhalte vor. Damit entspricht der Bericht der auftretensorientierten Erfassung und der Kommentar der Ursachenbewertung. Ein Ereignisbericht sollte deshalb nur Tatsachen, gegebenenfalls Annahmen, aber keine Bewertung enthalten. Es muss festgehalten werden, *was* passiert ist, aber noch nicht festgelegt werden, *warum* es passieren musste. Dies gilt insbesondere für die verbale Beschreibung des Ereignisverlaufs, was mitunter nicht einfach zu bewerkstelligen ist. Ein Autofahrer fährt damit nicht „zu schnell“, sondern wertungsfrei formuliert „30 km/h schneller als erlaubt“. Auch sollten zwischen den einzelnen Sachverhalten keine ursächlichen Zusammenhänge hergestellt werden, sofern diese keine nachweisbaren Tatsachen darstellen. Ein Flugzeug ist nicht „abgestürzt, weil ein Triebwerk gebrannt hat“, sondern*:* „Das Triebwerk eines Flugzeugs hat gebrannt, danach ist das Flugzeug abgestürzt.“ Fehler werden wertungsfrei beschrieben, indem die unzulässige Abweichung des Ist-Zustands vom Sollwert benannt wird. In einem auftretensorientierten Ereignisbericht sollten auch keine wertenden Ursachen stehen, sondern lediglich die festgestellten Umstände. Dies kann in der Praxis leicht zu Verwechslungen führen. Ursachen bewirken Ereignisse - Umstände sind Gegebenheiten, die im Umfeld des Ereignisses vorlagen, aber noch keinen unmittelbaren Einfluss auf das Geschehen gehabt haben müssen. Die Festlegung einer Ursache ist eine Wertung, die Angabe eines Umstandes eine Beschreibung. Ursachen schränken die Auswertung ein, Umstände lassen sie offen. Allerdings braucht man dabei nicht zu pedantisch vorgehen. Die Trennung gilt sinnigerweise nicht für unmittelbar einsichtige Zusammenhänge oder objektiv logisches Aufeinanderfolgen von Ereignissequenzen. Eine elektrische Lampe geht natürlich deshalb an, weil der zugehörende Lichtschalter betätigt wurde. Erst, wenn alle Fakten zusammengetragen sind und eine umfassende und plausible Ereignisdarstellung vorliegt, ist es sinnvoll und legitim Ursachenzusammenhänge herzustellen.

Bei der Trennung zwischen Auftreten und Ursache sind Begriffe wie „menschliches Versagen“ oder „verhaltensbedingte Fehler“ eher hinderlich, da sie ja bereits durch ihre Art der Formulierung eine Wertung enthalten bzw. assoziieren. In der Umgangssprache wird Versagen oft fälschlicherweise direkt mit Schuld gleichgesetzt. Die Bedeutung von „Versagen“ liegt aber eigentlich nur darin, dass eine gestellte Aufgabe nicht erfüllt wurde. Ebenso bedeutet „Fehler“ in technischen Umgebungen lediglich, dass der Istwert außerhalb des festgelegten Toleranzbereiches des Sollwerts liegt (VDI, 2002). Dass ein

Mensch versagt oder einen Fehler macht, bedeutet damit nicht automatisch, dass er auch Schuld daran hat. Menschen versagen oder fehlen in den allermeisten Fällen nicht isoliert für sich allein, sondern stets im Kontext ihrer Situation. Wer Ursachen für menschliches Versagen ermitteln will, muss sich, wie bereits eingangs angesprochen, ausdrücklich von der Schuldfrage trennen. Begriffe wie „Versagen“ oder „Fehler“ sollten daher im Bezug auf Personen vermieden werden. Vorteilhafter wäre beispielsweise die Verwendung der Formulierung „Arbeitssystemversagen“. Bei Unfalluntersuchungen muss ein Zugang zu den betroffenen Personen gefunden werden. Niemand berichtet gerne über Ereignisse, bei denen er selbst oder ein Kollege als vermeintlicher „menschlicher Versager“ dasteht (- es sei denn, um eine bestimmte Person anzuschwärzen). Dies ist ein wesentlicher Gesichtspunkt hinsichtlich von Beinaheunfällen, die nur durch ein offenes und schuldzuweisungsfreies Verhältnis gegenüber den Mitarbeitern in Erfahrung zu bringen sind. Erst wenn klar ist, dass es um die Steigerung von Sicherheit und nicht um persönliche Schuld geht, kann ein konstruktiver Informationsaustausch möglich werden.

Unmissverständlich soll hier aber trotzdem nicht der Eindruck entstehen, dass Mitarbeiter gänzlich von jeglicher Verantwortung entbunden werden sollen. Schuldhaftes Verhalten, wenn es sich denn als solches erwiesen hat, muss letztendlich auch zur Rechenschaft gezogen werden können. Hierfür ist aber ausschließlich die Justiz oder entsprechende Stellen zuständig. Das Verfahren, das hier auf arbeitswissenschaftlicher Grundlage entwickelt wird, kann aber grundsätzlich dazu beitragen, das tatsächliche Ausmaß einer persönlichen Schuld bei einem Ereignis einzugrenzen.

2.2 Gütekriterien

Das Verfahren zur Ereigniserfassung muss sich, wie wissenschaftliche Methoden im Allgemeinen, mit den drei Gütekriterien Validität, Reliabilität und Objektivität auseinander setzen. In der Praxis der pragmatischen Ereigniserfassungsmethoden wird dieser Aspekt bislang kaum berücksichtigt. Ein Ereignis wird meistens nur einmal erfasst, eine Auswertung nur einmal durchgeführt, gefundene Ursachen werden zwar manchmal kritisiert, stehen in der Regel aber nicht zur Diskussion. Aber ist dabei beispielsweise gewährleistet, dass eine wiederholte, unabhängige Erfassung und Auswertung zum gleichen Ereignisbericht oder zum gleichen Ursachenergebnis gelangen würde? Wie stark ist die Untersuchung von den damit beschäftigen Personen, von Ort, Zeitpunkt und Umständen bei Erfassung und Auswertung abhängig? Würden dieselben Personen bei einer Wiederholung der gesamten Untersuchung wieder zum gleichen Ergebnis kommen? All diese Fragen hängen damit zusammen, wie gut eine Erfassungsmethode die oben genannten Gütekriterien erfüllt. Eine ausführliche Darstellung dieser Gütekriterien hinsichtlich wissenschaftlicher Methoden zur Datenerhebung findet sich in BORTZ, 2002. Welche Bedeutung diese Kriterien für den konkreten Fall der Ereigniserfassung haben, wird nachfolgend zusammengefasst:

Validität

Die Erfassungsmethode muss dazu in der Lage sein, die bei einem Ereignis anfallenden tatsächlichen Sachverhalte auf ein Beschreibungsmodell abzubilden. Hierbei geht es um die grundsätzliche Frage, ob eine Methode überhaupt geeignet ist, ein Ereignis vollständig und detailliert zu erfassen und ob die Aussagekraft der erzeugten Abbildung mit der des ursprünglichen Ereignisses übereinstimmt. Durch eine hohe Validität wird gewährleistet, dass bei der Abbildung keine Informationen verloren gehen. Und zwar nicht deshalb, weil der Anwender der Methode nicht sauber genug arbeitet, sondern weil bereits die Methode diese Information nicht berücksichtigen kann. Ein Grundproblem vieler Methoden liegt darin, dass die Daten in sprachlicher Form abgelegt werden müssen. Die Validität der Abbildung ist damit immer dann eingeschränkt, wenn ein bestimmter Sachverhalt nicht oder nur eingeschränkt verbal ausgedrückt werden kann. Kommt es beispielsweise bei einem Verkehrsunfall auf die Lackfarbe eines Autos an, weil sie mit Spuren auf anderen Fahrzeugen verglichen werden soll, so stellt die Beschreibung der Farbe in sprachlicher Form ein nicht unerhebliches Problem dar. Eine subjektive Bezeichnung der Farbe, wie etwa "weinrot", scheidet natürlich für diese Anforderung von vornherein aus. Selbst die Beschreibung der Farbe durch die Bezeichnung des Herstellers, wie etwa "Marsalarot", hilft nur wenig weiter, da sich Farben im Lauf der Zeit durch Einflüsse von Sonne und Witterung verändern können. Eine präzise Angabe wäre hier die aktuelle Wellenlänge, Helligkeit und Sättigung der Farbe oder ein Verweis auf eine bestimmte Vergleichsfarbe in einer Farbtontafel. Dieses sind die Informationen, die verbal exakt beschrieben werden können. Auch können die Ansprüche an die Validität im Einzelfall stark variieren. So kann es durchaus der Fall sein, dass die Angabe, die Farbe sei "rot", allen weiteren

Ansprüchen genügt. Auf das Problem der Detaillierung bei der Beschreibung wird im Abschnitt 3.3.5 näher eingegangen.

Allerdings sei darauf hingewiesen, dass sich die Erfassungsmethode hier von der Tatsachenermittlung abgrenzt. Die hier behandelte Erfassung darf nicht dafür verantwortlich gemacht werden, wenn bereits die Methoden der Ermittlung der Sachverhalte, z. B. die exakte Bestimmung der Wellenlänge, Mängel hinsichtlich der Validität aufweisen.

Reliabilität

Die Reliabilität oder Zuverlässigkeit einer Methode gibt an, mit welchem Grad der Genauigkeit das zu prüfende Merkmal gemessen werden kann. Übertragen auf die Ereigniserfassung bedeutet dies, wie genau und wie reproduzierbar ein Ereignis erfasst wird. Im Test ergibt sich ein Maß für die Reliabilität einer Erfassungsmethode daraus, wie exakt eine wiederholte Anwendung zum gleichen Ergebnis führt, z. B. wie zuverlässig die Geschwindigkeit eines Fahrzeugs bestimmt werden kann. Bei Methoden, die auf subjektiven Bewertungen beruhen, wird auch zwischen einer Inner-Rater- und einer Inter-Rater-Reliabilität unterschieden. Inner-Rater-Reliabilität gibt an, wie gut eine und dieselbe Person zum gleichen Ergebnis kommt. Inter-Rater-Reliabilität bezieht sich auf die Gleichheit eines Ergebnisses, das von verschiedenen Personen angefertigt wird. Das Kriterium der Objektivität wird in der Praxis meist aus den Ergebnissen der Inter-Rater-Reliabilität abgeleitet, da hier ebenfalls der subjektive Einfluss der Anwender zutage tritt.

Objektivität

Verschiedene Anwender sollten bei der Erfassung eines bestimmten Ereignisses zu einem vergleichbaren Ergebnis kommen. Dazu müssen subjektive Einflüsse so gut wie möglich unterdrückt werden, was in der Anwendung natürlich kaum vollständig erzielt werden kann. Objektivität kann im praktischen Fall dadurch zufrieden stellend erreicht werden, wenn methodisch, standardisiert und transparent vorgegangen wird. Objektive Ereigniserfassung bedeutet, dass nur das erfasst wird, was sich tatsächlich ereignet hat und was auch außerhalb des subjektiven Bewusstseins Bestand hat. Objektive Ereigniserfassung ist sachlich, nicht von Gefühlen und Vorurteilen bestimmt, unvoreingenommen und unparteiisch. Subjektive Einflüsse auf die Ereigniserfassung können die nachfolgende Auswertung verfälschen oder in eine bestimmte Richtung lenken. Objektivität bedeutet aber nicht, dass keine subjektiven Ansichten aufgenommen werden dürfen. Es bedeutet vielmehr, dass auch subjektive Daten möglichst nach einer objektiven Vorgehensweise zu erfassen sind. Die Einhaltung der Objektivität ist damit die Sache des Erfassenden und nicht die des Betroffenen. Der Betroffene schildert seine Sicht der Geschehnisse. Der Erfassende hält diese Sicht objektiv fest, so dass auch ein anderer zum gleichen Bericht kommen könnte.

„Objektivität bedeutet nicht „höhere Wahrheit", sondern interpersonalen Konsens, d. h., unterschiedliche Forscher müssen bei der Untersuchung desselben Sachverhalts mit denselben Methoden zu vergleichbaren Resultaten kommen können" (BORTZ, 2002, S.326)

Dazu muss bei der gesamten Ereigniserfassung auch zwischen der *Tatsachenermittlung* und der *Dokumentation der ermittelten Sachverhalte* unterschieden werden. Bei der Tatsachenermittlung kann nicht davon ausgegangen werden, dass beispielsweise allein durch Anstrengung, guten Willen oder entsprechende Arbeitsanweisungen zwei Personen, die ein Ereignis getrennt voneinander erfassen, auch zu den gleichen Sachverhalten kommen. Selbst wenn beide Personen mit den exakt gleichen Tatsachen konfrontiert sind, hängt das Erkennen der Sachverhalte beispielsweise vom Wissensstand, Erfahrungsschatz und Können der erfassenden Personen ab. In der Praxis können diese subjektiven Einflüsse auf das Erkennen von Sachverhalten dadurch minimiert werden, indem mehrere Personen das Ereignis gemeinsam erfassen und nach individueller Vorarbeit zu einem gemeinsamen Ergebnis kommen. Im idealen Fall handelt es sich dabei um ein Team aus Experten auf unterschiedlichen Gebieten. In der Praxis werden solche Untersuchungsteams meist erst bei folgenschweren Ereignissen wie etwa Flugzeugabstürzen zusammengestellt.

Der zweite Teilprozess bei der Erfassung ist die Dokumentation der ermittelten Sachverhalte. Während die Tatsachenermittlung naturbedingt vielen subjektiven Einflüssen unterliegt, gehört die Objektivität bei der Dokumentation gewissermaßen zum guten Handwerk. Die möglichst nüchterne Darstellung der ermittelten Sachverhalte, ohne Ergänzungen, Weglassungen, Wertungen oder Kommentare ist der gebräuchliche Weg, wie dies im jeweiligen Einzelfall in Ereignisberichten zu Erreichen versucht wird. An eine Erfassungsmethodik stellt sich dadurch die Forderung, dass sie hier zusätzlich darauf hinwirkt,

dass bestimmte Sachverhalte unabhängig von der berichtenden Person gleich dargestellt werden. Das Kriterium der Objektivität spielt damit im Wesentlichen bei der Datendokumentation eine Rolle.

2.3 Praktikabilität

Neben den allgemeinen Gütekriterien Validität, Reliabilität und Objektivität ergeben sich für die Anwendung noch weitere Anforderungen hinsichtlich des Anwendungsgebietes und der Praktikabilität der Methode. Dazu gehört, dass die Methode

- *universell einsetzbar* ist, d. h., sie sollte auf ein möglichst breites Spektrum an Ereignissituationen in der Arbeitswelt anwendbar sein. Immerhin sollen mit der Erfassungsmethode Ereignisse unterschiedlicher Art, Komplexität und Fachbereiche so mit einer einheitlichen Systematik erfasst werden, dass diese in einer gemeinsamen Datenbank abgelegt werden können, um sie anschließend einer vergleichenden Auswertung unterziehen zu können.
- einen *einfachen* und *zügigen* Erfassungsprozess ermöglicht. Situationen und Umstände nach Ereignissen erfordern zuweilen einen unkomplizierten und schnellen Erfassungsprozess, auch um den Aufwand dafür gering zu halten.
- *leicht* zu erlernen und anzuwenden ist, damit sie von einem möglichst breiten Personenkreis genutzt werden kann und insbesondere auch Laien oder Einmalanwender in kurzer Zeit zu einem brauchbaren Ergebnis kommen.
- einen Ereignisbericht erstellt, der zu geeigneten Auswertungsmethoden *kompatibel* ist. Hierzu ist insbesondere das Ereignisanalyseverfahren CAHR zu nennen, auf dessen Beschreibungsstruktur die Erfassungsmethode basiert und in dessen Datenbank die Ereignisse möglichst direkt übertragen werden sollen. Dazu gehört auch, das die erstellten Berichte den standardisierten Anforderungen gängiger Datenbankstrukturen genügt.
- nach *rein wissenschaftlichen und sonst unabhängigen Grundsätzen* vorgeht. Andere Interessen, wie etwa die Klärung der Schuldfrage oder wirtschaftliche Gesichtspunkte sind wegen ihres zu erwartenden negativen Einflusses störend und sollten zumindest bei der hier angestrebten, rein auftretensorientierten Vorgehensweise außen vor bleiben.

Die Entwicklung einer Erfassungsmethode, die auf diese Anforderungen eingeht, wird in Kapitel 3 dargestellt. Zunächst wird aber noch das Beschreibungsmodell vorgestellt, auf das die Ereignisdaten mit Hilfe der Methode abgebildet werden. Hierzu wird kein neues Modell entwickelt, sondern auf einer existierenden Beschreibungsstruktur aufgebaut, die ihrerseits auf dem arbeitswissenschaftlichen Mensch-Maschine-System basiert. Die Beschreibungsstruktur und die Gründe für deren Wahl für diesen Zweck dieser Arbeit werden im nun folgenden Unterkapitel behandelt.

2.4 Abbildungsziel

Analog zu den Arten der Befragung wird auch bei der Darstellung der Sachverhalte zwischen offenen, geschlossenen Beschreibungsformen unterschieden. Durch die Möglichkeit von Mischformen reicht die Bandbreite von reinen Ankreuzfragebögen (geschlossene Beschreibung) bis hin zum freien Bericht (offene Beschreibung). Da weder die eine noch die andere Reinform, eine für den hier angestrebten Zweck der vertieften quantitativen Auswertung geeignete Lösung darstellt, wird ein Optimum zwischen diesen Extremen gesucht, das die Vorteile beider Befragungsarten bestmöglich miteinander kombiniert.

Eine solche Mischform stellt auch die Beschreibungsstruktur des Ereignisanalyseverfahrens CAHR dar, das von STRÄTER (1997) auf dem Gebiet der Kernkrafttechnik entwickelt wurde. Der Name CAHR steht als Abkürzung für „Connectionism Assessment of Human Reliability“, womit bereits Vorgehensweise und Zweck der Methode benannt sind. Es handelt sich um ein konnektionistisches Verfahren zur probabilistischen Beurteilung von menschlicher Zuverlässigkeit. Aus Betriebserfahrung in Form von Ereignissen, die in einer gemeinsamen Datenbank abgelegt sind, können mit diesem Verfahren Wahrscheinlichkeiten für bestimmte Handlungsfehler unter bestimmten Umständen berechnet werden. CAHR ist sowohl ein Verfahren zur quantitativen Analyse von Ereignissen, als auch ein Wissenspool zur Berechnung von Eintrittswahrscheinlichkeiten von bestimmten Ereignissen.

Menschliche Zuverlässigkeit wird hier im arbeitswissenschaftlichen Sinn verstanden und meint *die Wahrscheinlichkeit, dass die Funktionsfähigkeit eines technischen Systems nicht durch Fehlhandlungen beeinträchtigt wird, die zufälliger Art sind oder sich auf eine unzulängliche Gestaltung der Schnittstelle*

zwischen Mensch und Maschine zurückführen lassen (BUBB, 2002). Oder positiv formuliert, steht „Menschliche Zuverlässigkeit“ für *die Fähigkeit des Menschen, eine Aufgabe unter vorgegebenen Bedingungen in einem gegebenen Zeitintervall innerhalb des Akzeptanzbereiches durchzuführen* (VDI, 2002). Der Begriff „Konnektionismus“ kann als ein Synonym für das Wissensgebiet der künstlichen neuronalen Netze angesehen werden (ZELL, 1994; SCHERER, 1997).

Bei der von CAHR verwendeten Beschreibungsstruktur wird ein Ereignis nach systemergonomischen Kategorien analysiert und abstrahiert in Form von vielen verbalen Einzelinformationen in einer Datenbank abgelegt. Dabei bleiben die Einzelinformation, die „Zellen“ durch ein konnektionistisches Netz „künstlicher Nervenzellen“ entsprechend der analysierten Zusammenhänge miteinander verbunden. Vereinfacht gesagt, können so die Einzelinformationen und die Zusammenhänge zwischen ihnen zur Auswertung herangezogen werden. Der Vorteil dieser Vernetzung liegt darin, dass aus beobachteten Ereignissen Schlüsse auf beliebige, noch nicht eingetretene Vorfälle gezogen werden können. Andererseits können auch konkrete Ereignisse vorgegeben werden und umgekehrt Umstände abgefragt werden, die zu solchen Vorfällen führen können. Durch den konnektionistischen Ansatz wird vermieden, dass es bei der Berechnung der Eintrittswahrscheinlichkeiten durch die Vielzahl der Kombinationsmöglichkeiten bei den Einzelinformationen zu einer kombinatorischen Explosion kommt. Dies geschieht dadurch, dass in einem Auswertungsschritt für die Verbindungen zwischen verschiedenen Informationszellen unterschiedliche Gewichtungsfaktoren bestimmt werden. Zellen, die häufiger gemeinsam angesprochen werden, erhalten damit eine stärker gewichtete Verbindung als solche, die selten gemeinsam bei einem Ereignis auftreten. Die berechenbaren Wahrscheinlichkeiten werden folglich um so genauer, je mehr Ereignisse in der Datenbank enthalten sind. Ein weiterer Vorteil des Verfahrens liegt darin, dass auch lückenhafte Information verarbeitet werden kann, wie sie bei Ereignisbeschreibungen in der Natur der Sache liegt. Durch die abstrahierte Beschreibung der Ereignisse und den selbstlernenden Auswertealgorithmus von CAHR ist auch die Übertragung von Ergebnissen aus einem Fachbereich auf andere möglich.

Bei der zu entwickelnden Methode wird als Abbildungsziel der Ereignisbeschreibung die Beschreibungsstruktur des Ereignisanalyseverfahrens CAHR ausgewählt. Ereignisse der realen Welt werden auf diese Modellvorstellung übertragen. Die Gründe diese Wahl liegen einerseits in den bereits beschriebenen Möglichkeiten der quantitativen Auswertung und andererseits darin, dass die Struktur bereits wesentliche zusätzliche Anforderungen erfüllt:

- Die Beschreibungsstruktur eignet sich für den *universellen* Einsatz. Das zugrunde liegende Mensch-Maschine-System lässt sich auf beliebige Arbeitsplätze anwenden. Je nach Anwendungsgebiet können gegebenenfalls angepasste Taxonomien eingesetzt werden.
- Aufgrund der *Abgeschlossenheit* des Mensch-Maschine-Systems und der Kombination aus *offenem* und *geschlossenem Verfahren* lassen sich Daten über eine Arbeitssituation sehr weitläufig erfassen.
- Der *Detaillierungsgrad* kann beliebig gewählt werden. Komplexe Ereignisse können in Unterereignisse zerlegt werden. Für die Informationsmenge und den Detaillierungsgrad existieren keine theoretischen Begrenzungen.
- Ereignisse, die in der tabellarischen Form dieser Struktur vorliegen, können direkt mit statistischen Verfahren quantitativ ausgewertet werden, bzw. von dem Ereignisanalyseverfahren CAHR weiterverwendet werden. Damit stellt diese Beschreibungsstruktur bereits die Schnittstelle zur Ereignisauswertung dar, wodurch die *Kompatibilität* zwischen Erfassung und Auswertung gewährleistet wird.
- Die *ganzheitliche* Betrachtung von Ereignissituationen als Mensch-Maschine-Systeme, bei der Personen nicht isoliert, sondern eingebettet in ihre Arbeitssituationen betrachtet werden, ist eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass bei der Ereigniserfassung nach rein *wissenschaftlichen* Gesichtspunkten vorgegangen werden kann.

Theoretisch könnten Ereignisdaten ohne jede weitere Methodik auf die Beschreibungsstruktur übertragen werden. Doch mit der Existenz dieser Beschreibungsstruktur allein, sind noch nicht alle der an die Ereigniserfassung gestellten Forderungen (siehe Kapitel 2.2 und 2.3) erfüllt. Außerdem wird es etwa für ungeübte Personen nicht ohne weiteres möglich sein, Ereignisdaten in diese Form zu bringen und dabei gleichzeitig die Forderungen nach Einheitlichkeit, Vollständigkeit und Detailliertheit zu erfüllen. Es bedarf also noch einer entsprechenden Methodik, *wie* Informationen über ein Ereignis gemäß den Anforderungen auf ein solches Beschreibungsmodell übertragen werden können.

2.5 Untersuchungsplan

Im weiteren Verlauf der Arbeit wird nun die Erfassungsmethode, die bis hierher allgemein vorbereitet wurde, zunächst theoretisch entwickelt und später als rechnerbasiertes Versuchswerkzeug unter dem Arbeitstitel EVEO realisiert.

Bereits mit den ersten lauffähigen Versionen des Versuchswerkzeuges wurde die Anwendbarkeit auf Ereignisse und die Akzeptanz beim Anwender in Vorversuchen untersucht und die Ergebnisse in der weiteren Entwicklung berücksichtigt. Dazu wurden mehrmals Versuchspersonen beauftragt, Ereignisse unterschiedlicher Komplexität aus den Bereichen Luftfahrt und Arbeitssicherheit mit dem Werkzeug zu erfassen. Nach anfänglichen mageren Ergebnissen konnte insbesondere das Verständnis für das zugrunde liegende Mensch-Maschine-Modell und die Handhabung der Beschreibungsstruktur soweit verbessert werden, dass das Erfassungswerkzeug für einen umfangreicheren Hauptversuch bereit steht, siehe Tabelle 2-1. In diesem Versuch wird empirisch untersucht, wie gut die allgemeinen Gütekriterien erfüllt werden und ob die Methode den praktischen Kriterien (Anwendbarkeit, Erlernbarkeit, Zeitaufwand, etc.) genügt. Ebenfalls wird beobachtet, wie eine einzelne Person ein bestimmtes Ereignis über einen längeren Zeitraum hinweg wiederholt beschreibt. Weiter wird getestet, wie übereinstimmend mehrere Ereignisse, bzw. Ereignissequenzen von verschiedenen Versuchspersonen beschrieben werden.

Bei den Untersuchungen werden schriftlich vorliegende Ereignisbeschreibungen verwendet. Der Versuch betrifft damit nicht die Tatsachenermittlung, sondern die reine Dokumentation der Daten. Die Versuchspersonen müssen die Daten also nicht zuerst erarbeiten, sondern lediglich verstehen und in das Programm übertragen. Um dieses Verständnis sicherzustellen, werden Versuchspersonen ausgewählt, die entsprechendes Expertenwissen besitzen.

Die Reliabilität der Erfassung wird daran gemessen, wie übereinstimmend ein Ereignis von verschiedenen Versuchspersonen aus einer homogenen Versuchspersonengruppe (Inter-Rater-Reliabilität) und wie übereinstimmend ein Ereignis von einer einzelnen Versuchsperson wiederholt beschrieben wird (Inner-Rater-Reliabilität).

Die Validität der Erfassungsmethode wird daran gemessen, ob alle relevanten Daten in der Ereignisbeschreibung sachlich richtig dargestellt sind und inwieweit die Aussagekraft des erzeugten Ereignisberichtes dem des vorgegebenen Textes entspricht. Hierzu werden die Ereignisbeschreibungen in einer qualitativen Analyse mit den Ausgangsdaten verglichen. Allerdings wäre hierzu auch der Vergleich mit anderen Verfahren sinnvoll, was im Rahmen dieser Arbeit aber nicht durchgeführt wurde.

Die Objektivität der Methode wird aus den Versuchen zur Reliabilität abgeleitet, bei denen ein Ereignis von mehreren Versuchspersonen beschrieben wird. Dabei wird untersucht, ob Reliabilitätseinbußen auf subjektive Einflüsse zurückgeführt werden können.

Versuchspersonen (VP)	**Ereignisse**		
	Ereignis 1 Fachbereich A	**Ereignis 2 Fachbereich A**	**Ereignis 3 Fachbereich A**
Einzelne VP	**Mehrmalige Erfassung des gleichen Ereignisses**	**-**	
Homogene VP-Gruppe	**-**	**Jede Versuchsperson erfasst jedes Ereignis genau ein Mal.**	

Tabelle 2-1: Versuchsplan zur Hauptuntersuchung

Beim Hauptversuch wird jede Versuchsperson (VP) dazu angehalten einen Fragebogen ausfüllen, in dem persönliche Angaben (Beruf, Fach- bzw. Vorwissen) und eine subjektive Beurteilung der Erfassungsmethode abgefragt werden. Anhand der persönlichen Angaben wird die Homogenität der Versuchspersonengruppe hinsichtlich des Expertengrades nachgewiesen. Aus der Beurteilung der Versuchspersonen wird abgeleitet, wie gut die Anforderungen hinsichtlich der Anwendbarkeit des Versuchswerkzeuges erfüllt werden. Bei jeder Untersuchung wird die Vorgehensweise der Teilnehmer, ihre Fragen an den Versuchsleiter und der zeitliche Aufwand je Ereignis protokolliert.

3. ENTWICKLUNG DER ERFASSUNGSMETHODIK

3.1 Ansatz

Die Motivation für diese Arbeit entwickelte sich aus dem Bestreben, menschliches Versagen oder Verhaltensfehler bei Arbeitsaufgaben quantitativ untersuchen zu wollen. Vergleichsanalysen sind notwendig, um systematische Häufungen und Zusammenhänge von Ursachen und Umständen bei diesen Fehlern nachweisen zu können. Verhaltensbedingte Fehler sind im Zusammenhang mit Ereignissen wie Unfällen, Zwischenfällen oder Arbeitsfehlern beobachtbar. Die Voraussetzung für eine quantitative Bewertung solcher Fehler ist, dass möglichst viele Berichte über derartige Ereignisse herangezogen werden können. Ereignisse mit menschlichem Versagen gibt es zuhauf in allen Branchen, werden aber bislang mit uneinheitlichen Methoden erfasst und weisen sehr unterschiedliche Qualitäten bei den Ergebnissen auf. Optimal wäre es, wenn Ereignisberichte in gleichmäßig hoher Güte, in einheitlicher Struktur und in einer automatisiert auswertbaren Form vorliegen würden, so dass die Informationen in einer gemeinsamen Datenbank abgelegt und mit Methoden der vergleichenden Analyse ausgewertet werden können. Dazu ist es aber notwendig, dass jedes einzelne Ereignis objektiv, umfassend, detailliert, konsistent, homogen und auftretensorientiert beschrieben wird und dass dies in einer einheitlichen und vergleichbaren Form geschieht. Aus den in Kapitel 2 genannten Kriterien wurde die Beschreibungsstruktur des Ereignisanalyseverfahrens CAHR (STRÄTER, 1997) als geeigneter Ausgangspunkt für das Abbildungsziel der Erfassungsmethode ausgewählt. Um diese Beschreibungsstruktur optimal ausnützen zu können, wird in diesem Kapitel eine Methode zur Ereigniserfassung erarbeitet, bei der die oben genannten Anforderungen so gut wie möglich erfüllt werden.

Um die Vorteile sowohl der offenen als auch der geschlossenen Beschreibung (vgl. Abschnitt 2.1.3) auszunützen, wird bei der Entwicklung der Methode eine optimierte Kombination aus beiden Grundformen angestrebt, wie sie auch von STRÄTER für das Ablegen von Daten in seine Beschreibungsstruktur vorgeschlagen wurde. Durch den geschlossenen Anteil werden die Einheitlichkeit und die formale Vollständigkeit gewährleistet, die offene Komponente liefert den notwendigen Beschreibungsspielraum und unterstützt die inhaltliche Vollständigkeit. Die Erfassungsmethode stellt eine Art Dialog zwischen dem Beschreibungsmodell und denjenigen dar, die Daten über das Ereignis besitzen. Der Nachteil, dass eine solche Methodik zurzeit noch nicht wie bei einem persönlichen Gespräch intuitiv auf bestimmte Antworten, z. B. durch direkte Rückfragen reagieren kann, wird durch eine umfassende Abfragesystematik (Checkliste) mit nachgeschalteter Plausibilitätskontrolle (Vollständigkeit, Detaillierung) zu kompensieren versucht.

Dieses Kapitel beginnt mit einer kurzen Darstellung der Beschreibungsstruktur von STRÄTER. Daran schließt sich die Entwicklung eines Beschreibungsprozesses an, der notwendig ist, um Daten beliebiger Ereignisse entsprechend der gestellten Anforderungen auf diese Beschreibungsstruktur zu übertragen. Zusätzlich zu diesem notwendigen Grundprozess werden danach weitere Maßnahmen entworfen, mit denen der Beschreibungsprozess anwendungsfreundlich und praktikabel gestaltet werden kann. Nach Abschluss dieser theoretischen Vorarbeit wird der Beschreibungsprozess im Kapitel 4 als rechnerbasiertes Versuchswerkzeug realisiert und für die weitere Untersuchung bereitgestellt.

3.2 Beschreibungsstruktur

Im Folgenden wird auf die Beschreibungsstruktur des in Abschnitt 2.4 kurz vorgestellten Ereignisanalyseverfahrens CAHR in dem Umfang eingegangen, wie es für die anschließende Entwicklung der Erfassungsmethode notwendig ist. Eine ausführliche Darstellung von Beschreibungsstruktur und Analyseverfahren findet sich in der Arbeit von STRÄTER (1997).

Mensch-Maschine-System

Das Verfahren CAHR verwendet zur Beschreibung der Ereignisse eine Struktur, die auf dem arbeitswissenschaftlichen Mensch-Maschine-System (MMS) basiert. Das MMS ist eine Modellvorstellung eines geschlossenen Regelkreises, die sich aus der allgemeinen Struktur eines Arbeitsprozesses ableiten lässt: Ein Mensch hat eine Aufgabe, zu deren Erfüllung er an einer Maschine Handlungen ausführen muss. Die Maschine liefert das Ergebnis der Arbeit, das auch als Rückmeldung dafür dient, ob oder wie gut die Aufgabe erfüllt wurde. Während der Erfüllung der Aufgabe stehen Mensch und Maschine unter

dem Einfluss ihrer Umwelt. Die gesamte Arbeitssituation entspricht der äußeren Hülle der Modellvorstellung. Die beiden zentralen Begriffe „Mensch“ und „Maschine“ lenken, besonders bei Personen, die mit dem MMS weniger vertraut sind, die Vorstellung im ersten Moment möglicherweise auf eine klischeehafte Art von Arbeitsplatz, etwa auf einen Mechaniker an einer Drehbank - mit einer etwas flexibleren Handhabung der beiden Begriffe können aber nahezu beliebige Arbeitsplätze mit diesem Modell beschrieben werden. Eine ausführliche Beschreibung des MMS findet sich in SCHMIDTKE (1993). STRÄTER verwendet das MMS als generisches Element zur Erfassung menschlicher Handlungen und begründet dies unter anderem damit, dass es den Menschen in das gesamte Arbeitssystem einbettet und so eine ganzheitliche Betrachtungsweise ermöglicht. Das Schema des von ihm verwendeten MMS ist in Abbildung 3-1 dargestellt.

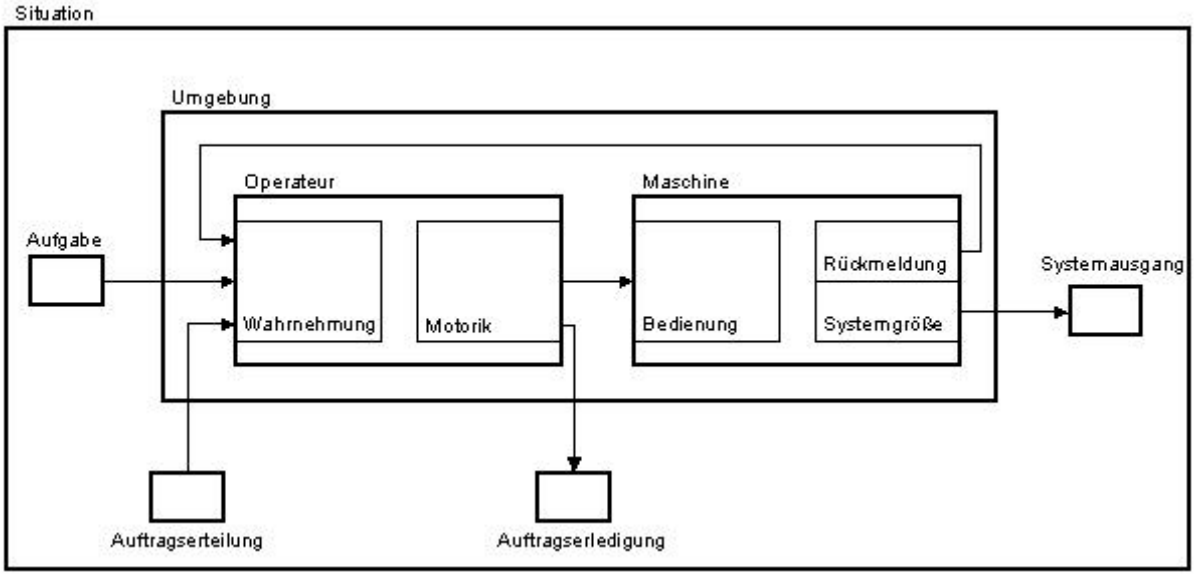


Abbildung 3-1: Mensch-Maschine-System zur Beschreibung menschlicher Handlungen in CAHR (Quelle: STRÄTER, 1997)

Aus diesem Mensch-Maschine-System hat STRÄTER neun so genannte MMS-Komponenten abgeleitet, mit denen er Ereignisse in kerntechnischen Anlagen beschreibt. Einige dieser MMS-Komponenten sind eine Zusammenfassung mehrerer Bestandteile des MMS in Abbildung 3-1. Diese neun MMS-Komponenten haben dabei folgende Bezeichnungen. *(In Klammern sind die Bestandteile des MMS angegeben, die bei STRÄTER zu der jeweiligen Komponente zusammengefasst wurden.):*

1. Situation *(Situation)*
2. Umgebung *(Umgebung)*
3. Aufgabe *(Aufgabe → Wahrnehmung)*
4. Person *(Operateur, enthält auch die Unterbestandteile Wahrnehmung und Motorik.)*
5. Tätigkeit *(Motorik → Bedienung)*
6. Rückmeldung *(Rückmeldung → Wahrnehmung)*
7. Auftragserteilung *(Auftragserteilung → Wahrnehmung)*
8. Auftragserledigung *(Motorik → Auftragserledigung)*
9. System *(Maschine, enthält auch die Unterbestandteile Bedienung, Rückmeldung und Systemgröße → Systemausgang)*

Anhang C enthält einen Abdruck der Beschreibungen dieser Komponenten aus der Arbeit von STRÄTER (1997).

Die Aufgabe der Ereignisbeschreibung besteht nun darin, alle verfügbaren Informationen über ein Ereignis diesen neun Komponenten zuzuordnen. Dabei dient dieses Schema auch als eine Art Checkliste zur vollständigen Erfassung, d. h., der Anwender wird dazu angehalten, systematisch alle Aspekte einer bestimmten Arbeitssituation der Reihe nach durchzugehen. Ein solches Vorgehen unterstützt den

ganzheitlichen Ansatz, d. h. die Ereigniserfassung konzentriert sich nicht nur auf das unmittelbare Kerngeschehen, sondern es wird auch dessen Kontext beleuchtet.

3.2.1 Satzstruktur

In der Beschreibungsstruktur von CAHR werden die Ereignisdaten in verbaler Form in Sätzen abgelegt. Diese Sätze bestehen aus sechs Satzgliedern und haben folgende Bedeutung bzw. sind mit den angeführten Fragen hinterlegt:

1. Klasse: zugeordnete MMS-Komponente
2. Satznummer: fortlaufende Nummerierung
3. Objekt: Wer oder was ...?
4. Aktion (Verb): ... hat was gemacht, unterlassen oder hat sich wie verhalten?
5. Angabe (Fehler): Liegt der Istwert außerhalb des Toleranzbereichs des Sollwerts?
6. Eigenschaft (PSF): begleitende Umstände, leistungsbeeinflussende Faktoren

Die ersten beiden Satzglieder „Klasse“ und „Satznummer“ enthalten lediglich formale Angaben. Die eigentliche Ereignisinformation wird in den Satzgliedern „Objekt“, „Aktion“, „Angabe“ und „Eigenschaft“ abgelegt. Diese Satzglieder werden mit jeweils einem Begriff aus einer vorgegebenen Taxonomie gefüllt. Das bedeutet, einzelne, aus dem Ereignisablauf herausgegriffene Informationen müssen auf Begriffe übertragen werden. Da durch die damit verbundene Reduktion Informationen verloren gehen können, gibt es die Möglichkeit der zusätzlichen Beschreibung. Hierfür ist jedem der vier inhaltlichen Satzbestandteile jeweils noch ein zusätzliches Beschreibungsfeld zugeordnet. Dieses als „Element“ bezeichnete Feld kann vom Anwender mit freiem Text gefüllt werden. Damit besteht diese Beschreibungsstruktur aus einer Kombination einer geschlossenen (auswählbare, aber vorgegebene Begriffe) und einer offenen Datenablage (freie Beschreibung). In Abbildung 3-2 ist die Struktur eines einzelnen Satzes grafisch dargestellt.

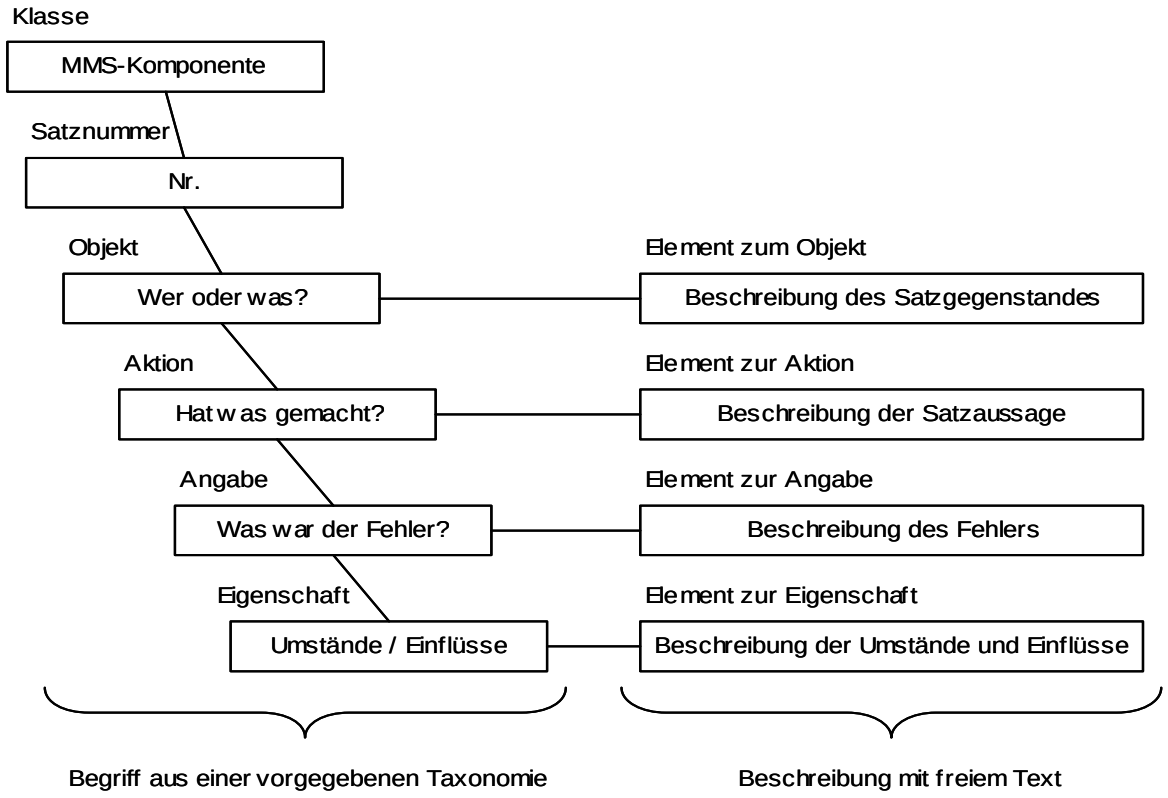


Abbildung 3-2: Die Satzstruktur des Ereignisanalyseverfahren CAHR

Daraus folgt, dass bei der Datenerfassung die berichtende Person die Aufgabe hat, ihr Wissen über das Ereignis bzw. die verfügbaren Informationen mit entsprechend strukturierten Sätzen in tabellarischer Form zu beschreiben. Jedes Ereignis kann theoretisch aus beliebig vielen einzelnen Sätzen bestehen. Für

die Auswahl der Begriffe für den ersten Teil der Satzstruktur werden bei STRÄTER (1997, S. 103) vier verschiedene Taxonomien unterschieden:

1. Gegenstands-Taxonomie für das Satzglied „Objekt“
2. Handlungs-Taxonomie für das Satzglied „Aktion“
3. Fehler-Taxonomie für das Satzglied „Angabe“
4. Ursachen-Taxonomie für das Satzglied „Eigenschaft“

Diese Taxonomien enthalten die vorgegebenen Begriffe, können aber beliebig bearbeitet, erweitert oder an spezifische Gegebenheiten der Anwendungsgebiete angepasst werden. Allerdings hängt von der Gestaltung der Taxonomien ab, wie gut und wie einheitlich Ereignisse beschrieben werden können. Insofern sind der Entwurf und die Modifikation von Taxonomien gewissen Grundregeln unterworfen, auf die im Abschnitt 3.3.5 näher eingegangen wird.

Die zusätzliche Beschreibung der Satzglieder in ihren jeweiligen „Elementen“ unterliegen keinen formalen Beschränkungen.

Alle Sätze werden schließlich zu einer Tabelle zusammengefasst und in einem gängigen Datenbankformat abgelegt.

3.2.2 Ereignisstrukturierung

Jedes Ereignis kann mit einer Folge von beliebig vielen Mensch-Maschine-Systemen beschrieben werden. Diese Flexibilität ist notwendig, weil sich nur sehr einfache, kurze oder unkomplizierte Sachverhalte mit einem einzigen MMS beschreiben lassen würden. Ereignisse setzen sich aber im Normalfall aus verschiedenen Personen, Orten, Situationen und Aufgaben zusammen. Einzelne Ereignisaspekte können über die Zeit eine komplexe Ereignis- oder Fehlerkette bilden. Um eine solche Verkettung darstellen zu können, sind mehrere MMS notwendig. Weiter sind bei einigen Komponenten innerhalb eines MMS, wie etwa bei „Aufgabe“, „Person“ oder „Situation“, sind zudem nur eindeutige Zuordnungen möglich. Beispielsweise darf die Komponente „Person“ innerhalb eines einzelnen MMS nicht verschiedene Personen enthalten, falls diese nicht zu einer gemeinsam agierenden Personengruppe zusammengefasst werden können. Verschiedene MMS können über ihre Ein- und Ausgänge miteinander verbunden werden. Jedes MMS besitzt jeweils zwei Ein- und Ausgänge, die in der Beschreibungsstruktur von CAHR die Bezeichnungen „Aufgabe“ (= Eingang), „Systemausgang“, „Auftragserteilung“ (= Eingang) und „Auftragserledigung“ (= Ausgang) tragen:

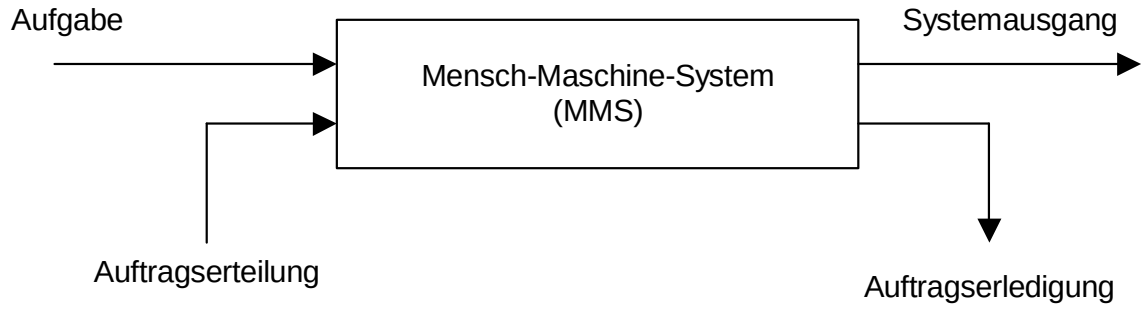


Abbildung 3-3: Ein- und Ausgänge des Mensch-Maschine-Systems, wie sie in CAHR verwendet werden. (Quelle: STRÄTER, 1997)

Für die strukturierte Beschreibung können Ereignisse anhand der Merkmale „Person“, „Ort“ und „Ereignisphase“ zerlegt werden. Kombiniert mit einer gemeinsamen Zeitverlaufsanalyse entsteht daraus eine mehrdimensionale Anordnung der Mensch-Maschine-Systeme, die den Ereignisablauf repräsentiert. Abbildung 3-4 zeigt beispielsweise die schematische Darstellung eines solchen Ablaufs in einer, auf zwei Dimensionen reduzierten, Anordnung als Personen-Situationen/Zeit - Diagramm.

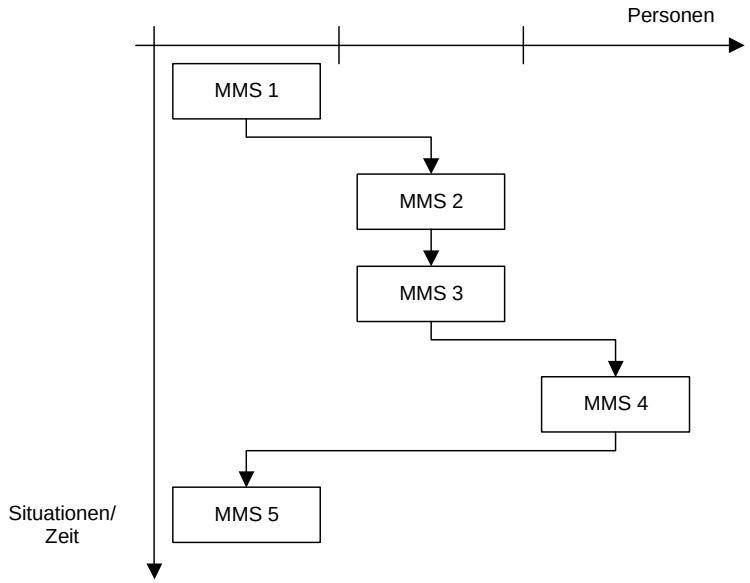


Abbildung 3-4: Ereigniszerlegung bei der Beschreibungsstruktur von CAHR (Quelle: STRÄTER, 1997)

3.3 Beschreibungsprozess

Die zuvor besprochene Beschreibungsstruktur wird verwendet, um Informationen über beliebige Ereignisse darin abzulegen, und sie so in einer quantitativ auswertbaren Form vorliegen zu haben. In diesem Abschnitt wird nun ein Prozess entwickelt, mit dem die Daten in genau diese Form gebracht werden können. Es wird zunächst betrachtet, welche grundsätzlichen Abbildungsschritte dazu notwendig sind und danach, wie die Güte und Einheitlichkeit dieser Abbildung gesteigert und wie der gesamte Eingabeprozess benutzerfreundlich gestaltet werden kann.

Anwenderkreis

Da zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine vollständig automatisierte, von Rechnern durchgeführte Abbildung von Ereignissen in Betracht gezogen werden kann, wird eine manuelle Erfassungsmethode mit umfangreicher Rechnerunterstützung angestrebt. Der dafür in Frage kommende Personenkreis wird nun eingegrenzt und grundsätzliche Bedürfnisse der mit der Erfassung beschäftigten Personen ermittelt. Dies ist für die Entwicklung der Methode bedeutsam, da sie, aus Gründen der Praktikabilität und zur Erzielung einer hohen Ergebnisqualität, möglichst gut auf diese Zielgruppe hin zugeschnitten werden soll.

Hierbei werden als Kriterien angenommen: Wie oft eine Person erwartungsgemäß mit dieser Aufgabe zu tun haben wird, aus welchen Gründen und welche Übung und Erfahrung sie mit der Erfassung von Ereignissen besitzt oder sich aneignen kann? Damit lassen sich zwei grundsätzliche Personengruppen unterscheiden, die als Anwender erwartet werden können:

- *Personen, die regelmäßig mit Ereigniserfassung zu tun haben.*

  In der Regel wird es sich dabei um Personen handeln, die beruflich für die Erfassung, Auswertung oder Begutachtung von Ereignissen zuständig sind. Beispiele hierfür sind Polizisten, Arbeitssicherheitsfachkräfte oder Experten für Unfalluntersuchung (Hochgeübte, häufige Anwender.)

- *Personen, die selten über Ereignisse berichten.*

  Dies werden Personen sein, die direkt oder indirekt an Ereignissen beteiligt waren und über ihre Beobachtungen oder Erfahrungen berichten sollen. Dazu gehören etwa Firmenmitarbeiter, denen ein Arbeitsunfall passiert ist oder die den Unfall eines Kollegen miterlebt haben oder Piloten, die nach einem Flug die Erfahrungen aus einem Zwischenfall mitteilen wollen. (Ungeübte, gelegentliche Anwender.)

Hochgeübte Anwender legen bei den Methoden, mit denen sie tagtäglich umgehen müssen, erwartungsgemäß hohen Wert auf Funktionalität, Effektivität und Praxistauglichkeit. Bei angemessenem

Aufwand wird eine gute Beschreibungsqualität erwartet. Eine entsprechende längere Einarbeitungszeit wird akzeptiert. Möglichst alle Anwendungsfälle sollten abgedeckt werden und die Daten entsprechend der spezifischen Anforderungen weiterverwendet werden können. Diese Personengruppe ist zwar meistens nicht selbst von einem Ereignis betroffen, kann aber etwa aus firmenpolitischen Gründen durchaus auch auf Anonymität bei der Dokumentation Wert legen. Gelegentlichen Nutzern würde dagegen eher eine leichte Verständlichkeit oder Erlernbarkeit entgegenkommen, insbesondere dann, wenn sie ohne Unterstützung Dritter Daten eingeben sollen. Die weitere Verwendung der Daten spielt für diese Personen keine Rolle. Unter Umständen legen sie Wert auf eine anonyme Berichterstattung hinsichtlich ihrer eigenen Person, insbesondere dann, wenn es um die Meldung von Zwischenfällen geht.

Diese kurze Betrachtung zeigt, dass mit teilweise sehr gegensätzlichen Bedürfnissen gerechnet werden muss, insbesondere hinsichtlich der Komplexität der Anwendung. Entweder es gelingt, was natürlich erstrebenswert wäre, hohe Funktionalität und einfache Erlernbarkeit und Bedienung zu kombinieren oder die Erfassungsmethode muss, etwa durch Entwicklung unterschiedlicher Versionen, an die aufgeführten Benutzertypen angepasst werden.

Erfassungsschritte

Aus der gewählten Beschreibungsstruktur lassen sich fünf grundsätzliche Schritte ableiten, die notwendig werden, um eine bestimmte Information in dieser Struktur abzulegen:

- *Unterteilung* des Gesamtereignisses in Unterereignisse.
- *Strukturierung* der Unterereignisse entsprechend dem Ereignisverlauf.
- *Zuordnung* der Ereignisdaten zu den Komponenten des MMS.
- *Satzbildung*, bei der die Ereignisinformationen den vorgegebenen Satzgliedern zugeordnet werden.
- *Begriffsauswahl und -beschreibung*: Auswahl geeigneter Begriffe aus der vorgegebenen Taxonomie und deren nähere Erläuterung durch freie Beschreibung.

Mit Hilfe der zu entwickelnden Methode sollen diese Schritte möglichst einfach, schnell, fehlerfrei und zielsicher erfolgen können. Um diese Beschreibungsschritte besser zu verstehen und um die Methode daran anpassen zu können, werden sie in den folgenden Abschnitten nacheinander näher betrachtet.

3.3.1 Unterteilung

Ereignisse können so komplex sein, dass ein einzelnes Mensch-Maschine-System nicht ausreicht, um alle bei diesem Ereignis angefallenen Informationen vollständig und detailliert darin abbilden zu können. In diesem Fall ist es notwendig, das Gesamtereignis in mehrere Mensch-Maschine-Systeme zu unterteilen. Vor der Unterteilung sollte zunächst geklärt sein, *was alles* zum Gesamtereignis gehört. In der Regel ist es empfehlenswert, dass auch vorhergehende und nachfolgende Aspekte zusammen mit den Kerninformationen des Ereignisses abgelegt werden. Je mehr Informationen und Zusammenhänge über ein Ereignis ermittelt und berücksichtigt werden können, desto umfassender kann anschließend die Auswertung stattfinden. Die Gefahr, dass aufgrund zu vieler Informationen eine Überfrachtung der Dokumentation erfolgt, ist gering, da in der Praxis eher zu wenige als zu viele Ereignisdaten anfallen.

Der Zeitraum, den ein einzelnes MMS abdecken kann, beginnt frühestens damit, dass eine Person eine bestimmte Aufgabe empfängt oder in ihr eine bestimmte Absicht keimt. Er reicht bis spätestens zu dem Zeitpunkt, an dem die Aufgabe oder Absicht für diese Person nicht mehr aktuell ist. Dies kann sowohl die Erfüllung der Aufgabe, das Erreichen des beabsichtigten Ziels, aber auch das teilweise oder völlige Scheitern daran sein. Die Aufgabe oder Absicht, die für eine Person aktuell ist, darf sich innerhalb eines einzelnen MMS nicht ändern. Dies bedingt, dass auch die in diesem MMS aktive Person dieselbe bleiben muss. Selbstverständlich kann eine Aufgabe so umfassend oder allgemein formuliert sein, dass sie das gesamte Ereignis abdeckt, z. B.: „Eine Pilotencrew soll ein Flugzeug von A nach B fliegen.“ Aber daraus ergibt sich noch keine detaillierte Ereignisbeschreibung, wenn das Problem nur bei einer speziellen Unteraufgabe auftrat, z. B.: „Der Kapitän ignorierte während des Steigflugs eine Warnmeldung.“ Das bedeutet, dass sich die Formulierung einer Aufgabe oder Absicht danach richten muss, bei welcher Tätigkeit das Problem schließlich auftrat, hier: „Der Kapitän hatte beim Steigflug die Aufgabe, die Systemanzeigen zu überwachen.“ Aus dieser Orientierungshilfe ergibt sich fast automatisch die Unterteilung des Gesamtereignisses in Unterereignisse, bzw. der Detaillierungsgrad der Beschreibung pegelt sich damit auf einem angemessenen Niveau ein. Bei jedem Ereignis müssen zumindest die Kern- oder Schlüsselereignisse so detailliert wie möglich beschrieben werden. Alle übrigen Informationen lassen

sich dann in den meisten Fällen diesen Schlüsselereignissen zuordnen. Als *Kern- oder Schlüsselereignis* wird bei einem Gesamtereignis diejenige Sequenz bezeichnet, deren Teilaufgabe oder -absicht *nicht vollständig erfüllt* wurde.

> *Beispiel: Ein Mechaniker soll an einer Drehbank einen Bolzen gemäß den Vorgaben einer technischen Zeichnung herstellen. Beim Umspannen des Bolzens vergisst er den Spannschlüssel wieder zu entfernen und wird durch diesen verletzt, als er die Drehbank wieder einschaltet.*
>
> *Die Gesamtaufgabe lautet: „An der Drehbank einen Bolzen entsprechend den Angaben herstellen." Diese Aufgabe wurde bis zum Kernereignis – der Verletzung durch den Spannschlüssel - zumindest teilweise erfüllt. Die Teilaufgabe, bei dem es dann zu einem Problem kam lautete: „Nach dem Umspannen des Werkstücks Spannschlüssel abziehen." Oder, bezogen auf den Moment des Unfalls: „Vor dem Einschalten prüfen, ob der Spannschlüssel entfernt wurde." Denn genau diese Aufgabe wurde vollständig nicht erfüllt, weil der Spannschlüssel ja noch steckte. An diesem Beispiel ist auch zu erkennen, dass Aufgaben durchaus nach verschiedenen Gesichtspunkten formuliert werden können. Idealerweise sollte sich die Formulierung jedoch an den tatsächlichen Vorgaben für die handelnde Person orientieren. Auf diese Weise lassen sich nämlich leicht Schwachstellen in der Aufgabenstellung bzw. in den Handlungsanweisungen entdecken. In diesem Beispiel würde sich die tatsächliche Aufgabenformulierung daraus ergeben, zu welchem Zeitpunkt bei dieser Tätigkeit die Kontrolle erfolgen sollte, ob der Spannschlüssel abgezogen ist oder nicht. Um dies zu klären, kann in Ausbildungs- oder Einweisungsrichtlinien nachgeschlagen werden. Üblicherweise erfolgt die Kontrolle nach dem Umspannen oder vor dem Einschalten. Gäbe es beide Vorschriften, so gäbe es auch zwei Schlüsselereignisse, da beide vollständig nicht erfüllt wurden.*

Das gesamte Ereignis wird, ausgehend von solchen Schlüsselereignissen, mit Mensch-Maschine-Systemen modelliert. Dabei entstehen so genannte Unterereignisse, die dann mit Informationen gefüllt werden können. Die Fragen lauten nun: „Wo beginnen und wo enden Unterereignisse im gesamten Ereignisverlauf?" „Wie viele Informationen darf ein Unterereignis enthalten?" „Oder wie fein soll der Detaillierungsgrad sein?" Die Kriterien hierfür leiten sich aus der praktischen Anwendung des MMS ab. Jedes MMS darf dabei nur *eine* Aufgabe oder Absicht enthalten, die von *einer* Person oder *einer* Personengruppe *gemeinsam* bearbeitet oder verfolgt wird. Alle anderen Informationen innerhalb des MMS müssen sich auf diese Aufgabe/Absicht und Person/Personengruppe beziehen.

> **Unterteilungsregel 1:** Ein Unterereignis beginnt frühestens damit, dass einer bestimmten Person oder Personengruppe (Aktive Person) eine Aufgabe gestellt wird oder diese damit beginnt, eine bestimmte Absicht zu verfolgen. Das Unterereignis endet spätestens dann, wenn die Aktive Person nicht mehr an der Aufgabenerfüllung oder am Erreichen des beabsichtigten Ziels tätig ist. (*Allgemeine Regel*)

Während einer Aufgabenerfüllung können sich Änderungen oder Phasen ergeben, in denen eine Tätigkeit nicht mehr von der ursprünglichen Motivation geleitet wird, d. h. Aufgabe oder Absicht haben sich geändert oder es werden andere Personen aktiv. Ein typisches Beispiel dafür ist der Wechsel vom Normalbetrieb zu Notsituationen, wie er in beliebigen Umgebungen auftreten kann. Bei einem solchen Einschnitt kann das ursprüngliche Ziel von den ursprünglichen Personen unter Umständen nicht mehr oder nur noch teilweise verfolgt werden. Das Unterereignis schließt dann mit dem aktuellen Ergebnisstand ab und ein neues MMS beginnt mit der neuen Aufgabe und/oder mit anderen Personen.

> **Unterteilungsregel 2:** Es muss dann mit einem neuen Unterereignis begonnen werden, wenn sich die Aufgabe bzw. Absicht oder die Aktive Person bzw. Personengruppe ändert. Im alten Unterereignis sollte der Stand der bisherigen Aufgabenerfüllung festgehalten werden. (*Änderungsregel*)

Als Maß für die Detaillierung kann der Grad der Aufgabenerfüllung verwendet werden. Eine Aufgabe kann entweder vollständig, teilweise oder nicht erfüllt sein. Endet ein Unterereignis mit dem Ergebnis „vollständig erfüllt", so braucht dieses nicht weiter unterteilt werden. Weil nichts Außergewöhnliches passiert ist, würde eine weitere Unterteilung keine zusätzlichen Erkenntnisse liefern – worüber man sich allerdings versichert haben sollte. Eine Ausnahme bilden hier nur die Beinahe-Ereignisse, bei den die Aufgabe zwar erfüllt wurde, in deren Verlauf es jedoch kritische Momente gab. Ähnlich verhält es sich mit Unterereignissen, bei denen die Aufgabe „überhaupt nicht erfüllt" wurde, d. h. kein einziger Teilaspekt der Aufgabe erfolgreich erledigt werden konnte. In diesem Fall ist meistens die Aufgabe bereits so

detailliert gestellt, dass mit einer weiteren Unterteilung nur zusammengehörende Daten getrennt würden bzw. doppelt in mehreren MMS dargestellt werden müssten. Anders liegt dagegen der Fall, wenn eine Aufgabe nur „teilweise erfüllt“ wurde. Hier sollte überprüft werden, ob die gesamte Aufgabenstellung nicht weiter differenziert werden kann, in Teile, die entweder vollständig erfüllt oder nicht erfüllt wurden. Mit einer solchen Herangehensweise werden die Kernprobleme der Gesamtereignisse in einzelnen detaillierten Unterereignissen konzentriert und die weniger oder nicht problematischen Aspekte in Unterereignissen mit eher informativem Charakter zusammengefasst.

Unterteilungsregel 3: Das Ergebnis eines Unterereignisses sollte entweder die gestellte Aufgabe *vollständig* erfüllen oder *in keiner Weise* erfüllen. Stellt das Ergebnis eine *teilweise* Erfüllung der Aufgabe dar, sollte das Unterereignis noch weiter unterteilt werden. Unterereignisse, bei denen die Aufgabe vollständig erfüllt wurde, werden als *Info-Unterereignisse* bezeichnet. Bei *vollständiger* Nichterfüllung tragen die Unterereignisse die Bezeichnung *Schlüssel- oder Kernereignis*. (*Detaillierungsregel*)

Während innerhalb eines Unterereignisses sowohl die „Aufgabe“ als auch der „Mensch“ eindeutig festgelegt sein müssen, kann sich die „Maschine“, also das Objekt an oder mit dem zur Aufgabenerfüllung gearbeitet wird, durchaus ändern. Dadurch kann die Informationsdichte innerhalb eines Unterereignisses relativ hoch werden. Auch können sich bei einzelnen MMS-Komponenten sehr viele Daten anhäufen, beispielsweise, wenn in den Kommunikations-Komponenten eine Diskussion oder ein Sprechfunkdialog dargestellt werden soll. In diesen Fällen ist es möglich, aus Gründen der Vollständigkeit und Übersichtlichkeit, diesen Verlauf auf mehrere Unterereignisse zu verteilen. Auch kann eine Aufgabe in Teilaufgaben unterteilt werden, damit in einem Unterereignis die Tätigkeit ausschließlich auf die Aufgabenerfüllung hin ausgerichtet werden kann. Gleiches gilt natürlich auch bei nicht erfüllten Aufgaben. Die Anzahl der Unterereignisse hängt damit vom Detaillierungsgrad der verfügbaren Ereignisinformationen ab. Je genauer einzelne Handlungsschritte beschrieben werden sollten, desto mehr Unterereignisse werden zur Darstellung notwendig.

Unterteilungsregel 4: Zum Zwecke der Vollständigkeit und Übersichtlichkeit dürfen auch *vollständig* oder *in keiner Weise* erfüllte Aufgaben bzw. Unterereignisse weiter unterteilt werden. (*Vollständigkeitsregel*)

Für die Anzahl der Unterereignisse gibt es keine theoretische Begrenzung. Grundsätzlich dürfen alle verfügbaren Informationen auf die Unterereignisse abgebildet werden. Unter Umständen kann es vorkommen, dass Unterereignisse gebildet werden müssen, die einen rein informativen Charakter haben, da die Informationen vielleicht sonst keinem anderen Schlüssel-Unterereignis zugeordnet werden können. Informative Unterereignisse zeichnen sich dadurch aus, dass in ihnen keine Probleme auftreten bzw. die Aufgabe des Unterereignisses *vollständig* erfüllt wurde. Dies könnte beispielsweise die Wartung an einem Flugzeug sein, bei dem es im anschließenden Flug Probleme gab. Trotzdem ist es besser, diese Informationen mit aufzunehmen, da zum Zeitpunkt der Erfassung noch nicht über deren Bedeutung entschieden werden kann. Es kann prinzipiell nicht ausgeschlossen werden, dass sich hier vielleicht erst in späteren quantitativen Auswertungen oder auf Grundlage neuerer Theorien Zusammenhänge ergeben. Deswegen sollen auch Randinformationen festgehalten werden, auch wenn hierüber in der Praxis die Verhältnismäßigkeit zwischen Ereignisschwere und Erfassungsaufwand eine entscheidende Rolle spielen wird. Grundsätzlich darf jedoch nicht der Fall eintreten, dass eine Information deswegen nicht beschrieben wird, weil kein Dokumentationsraum vorhanden ist.

3.3.2 Strukturierung

Bei der Unterteilung eines Gesamtereignisses in Unterereignisse spielte bisher die Reihenfolge der Vorgehensweise bzw. die Anordnung der Unterereignisse noch keine Rolle. Diese muss aber nun bei der Strukturierung der Unterereignisse berücksichtigt werden, da diese in serieller Folge miteinander verknüpft werden dürfen. Bei der Strukturierung wird einerseits unterschieden zwischen der endgültigen Anordnung und andererseits der Vorgehensweise, die dazu geführt hat. Zunächst betrachten wir die fertige Anordnung.

Struktur der Unterereignisse

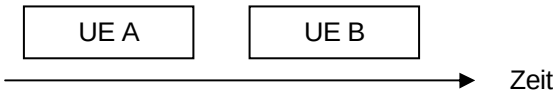
Unfallereignisse werden in der Literatur bzw. von Experten oft als *Verkettung* zahlreicher unglücklicher Umstände dargestellt. Unter der Verkettung wird dabei eine chronologische Anordnung verstanden,

die nicht zuletzt auch einem gut verständlichen und nachvollziehbaren Erzählstil entsprechen sollte. Es macht deshalb Sinn, die Unterereignisse, die bereits durch die Unterteilung zusammenhängende Sequenzen des Gesamtereignisses darstellen, für den hier angestrebten Zweck in einer chronologischen Abfolge zu strukturieren. Die Gesamtinformation ist auf diese Unterereignisse verteilt, wobei einzelne Informationen auch in mehreren Unterereignissen vorkommen können und fehlende Informationen zu Lücken führen können. Jedes Unterereignis stellt eine Teilmenge des Gesamtereignisses dar. Schnittmengen zwischen Unterereignissen können entweder Anknüpfungsstellen oder Redundanzen sein. Um diese Teilmengen in eine zeitliche Struktur zu bringen, gibt es die Möglichkeit, die Mensch-Maschine-Systeme über ihre Ein- und Ausgänge miteinander zu verbinden. Aus der Mengendarstellung wird damit Netzplan, wobei die Unterereignisse zu Vorgängen werden, die sich als Knoten oder Pfeile graphisch darstellen lassen. Entsprechend den Regeln der Netzplantechnik (ZIMMERMANN 1999) gibt es für die Vorgänge grundsätzlich vier verschiedene Möglichkeiten der zeitlichen Anordnung:

- Geschlossene Folge

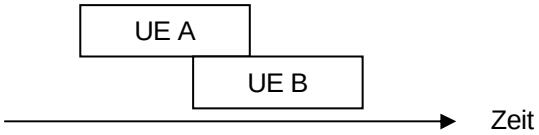
Das zweite Unterereignis folgt unmittelbar auf seinen Vorgänger. Die in den Unterereignissen enthaltenen Daten sind aber zeitlich und inhaltlich voneinander getrennt.

- Offene Folge



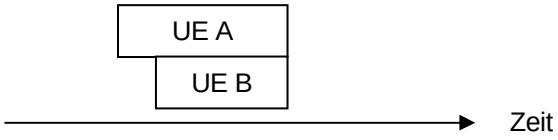
Zwischen den beiden aufeinander folgenden Unterereignissen besteht eine zeitliche oder inhaltliche Lücke.

- Überlappende Folge



Zwei Unterereignisse beschreiben einen sich überlappenden Zeitabschnitt. Bestimmte Informationen sind in beiden Unterereignissen enthalten.

- Parallelität



Ein Unterereignis verläuft zeitlich innerhalb eines anderen Unterereignisses.

Mit diesen Verknüpfungsmöglichkeiten kann ein Ereignis theoretisch völlig beliebig strukturiert werden, siehe Abbildung 3-5.

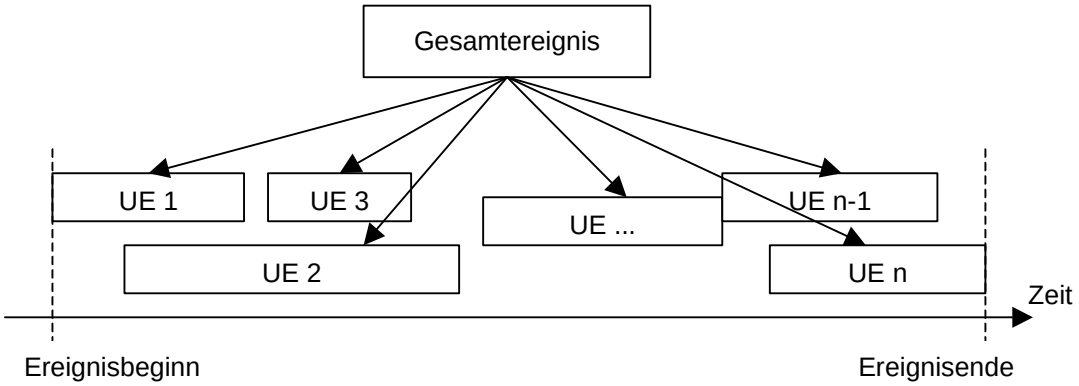


Abbildung 3-5: Völlig freie Strukturierung eines Ereignisses mit mehreren Unterereignissen (Mensch-Maschine-Systeme)

Es liegt auf der Hand, dass durch eine solche völlig freigegebene Unterteilung und Anordnung der Unterereignisse aufgrund der zahlreichen Freiheitsgrade kaum mit einer übereinstimmenden Strukturierung des Gesamtereignisses gerechnet werden kann, wenn verschiedene Personen unabhängig voneinander das gleiche Ereignis darstellen würden. Außerdem verschlechtert sich mit der Zahl der Verknüpfungsmöglichkeiten zwangsläufig die Übersichtlichkeit der Darstellung. Eine Vereinfachungsmöglichkeit, von der bereits eine deutlich höhere Einheitlichkeit erwartet wird, wäre die Vorgabe, dass keine parallelen Unterereignisse zulässig sind und sich die Ereigniskette nicht verzweigen darf. Ein gravierender Informationsverlust muss dabei nicht befürchtet werden. Der Anwender würde lediglich dazu gezwungen, parallele Geschehnisse in einem gemeinsamen Unterereignis zu beschreiben oder sich statt dessen auf eine zeitliche Reihenfolge festzulegen. Die Anordnung der Unterereignisse erfolgt dann chronologisch, wobei Überlappungen (Informationsredundanz) oder Lücken (Informationsmangel) in der Abfolge der Unterereignisse trotzdem erlaubt sind. Die Abbildung 3-6 zeigt im Vergleich, wie Ereignisstrukturierungen bei Anwendung dieser Vereinfachung allgemein aussehen.

Die Beschreibungsstruktur von CAHR macht hinsichtlich der Anordnung der Unterereignisse keine Vorgaben, so dass die Einführung dieser Strukturierungsregel zu keinem Konflikt mit dieser Struktur führen würde.

Wird nun zusätzlich zu der „Zeit“ ein zweites Kriterium aufgetragen, etwa die jeweiligen aktiven Personen oder andere Merkmale der Unterereignisse, so ergibt sich prinzipiell wieder die von CAHR verwendete Struktur, vgl. Abbildung 3-4.

Als weitere vereinfachende Maßnahme wird deshalb vorgegeben, dass die berichtende Person den gesamten Ablauf in zeitlich nacheinander abfolgende Abschnitte einteilt. Dadurch wird automatisch eine aneinander gereihte Abfolge der Unterereignisse erzeugt. Das Problem, dass möglicherweise gleichzeitig bzw. parallel verlaufende Unterereignisse dargestellt werden müssen, lässt sich in der Praxis erfahrungsgemäß durch eine detailliertere oder zusammenfassendere Darstellung lösen. Da innerhalb eines Unterereignisses der zeitliche Ablauf bzw. deren Dauer eine eher untergeordnete Rolle spielt, macht es keinen Sinn, in der Struktur der Unterereignisse unverhältnismäßig hohe Forderungen an den zeitlichen Ablauf zu stellen. Es genügt, wenn der Abfolge der Unterereignisse eine zeitliche Logik hinsichtlich deren Anfangszeiten zugrunde liegt. Direkt voneinander abhängige parallele Unterereignisse können in einem einzigen MMS dargestellt werden und nicht voneinander abhängige Unterereignisse sind in der Regel nicht derart parallel, dass sich keine zeitliche Ordnung finden ließe oder dies nicht durch eine überlappende Darstellung gelöst werden könnte. Eine Prüfung der Eignung dieser Vorgabe wird bei der Auswertung der bevorstehenden Versuche mit berücksichtigt. Einschränkend ist dazu jedoch zu sagen, dass im Rahmen der in dieser Arbeit durchgeführten Vor- und Hauptversuche aufgrund der relativ geringen Anzahl an Versuchsereignissen hierzu kein abschließendes Urteil gebildet werden kann.

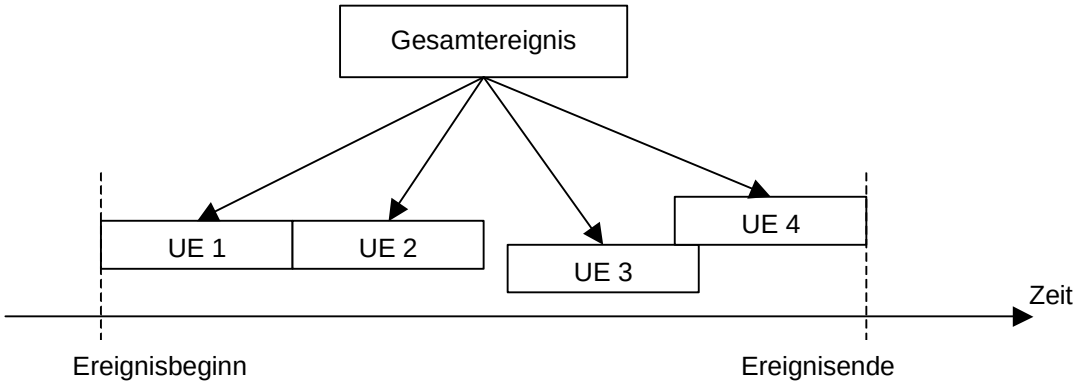


Abbildung 3-6: Chronologische Unterteilung und Strukturierung eines Gesamtereignisses in Unterereignisse

Strukturierungsregel: Alle Unterereignisse müssen chronologisch geordnet und seriell aneinander gereiht werden. Eine einzelne Information darf in mehreren Unterereignissen vorkommen. Die zeitliche Abfolge der Unterereignisse kann entsprechend der realen Gegebenheiten Lücken enthalten.

Vorgehensweise bei der Strukturierung

Eine solche Strukturierung lässt sich durch verschiedene Vorgehensweisen erreichen. Jede damit beschäftigte Person kann dabei ihre eigene Strategie entwickeln. Die Struktur kann entweder bereits in der chronologisch geordneten Abfolge entwickelt werden, d. h., das Gesamtereignis wird vom Anfang zum Ende hin abgearbeitet. Oder die Beschreibung wird nach dem Motto „das Wichtigste zuerst", ausgehend von Schlüssel- bzw. Kernereignissen, bis hin zu den Randinformationen aufgebaut. Es sind dabei viele verschiedene Vorgehensweisen denkbar, die nicht unnötig eingeschränkt werden sollten, um einen individuellen Spielraum bei der Ereigniserfassung zu erhalten. Prinzipiell bestehen aber alle Strategien zur Strukturierung aus Kombinationen folgender Einzelhandlungen:

- *Anlegen* – das erste Unterereignis wird angelegt.
- *Hinzufügen* - ein Unterereignis wird vor oder hinter der Ereigniskette angehängt.
- *Einfügen* – ein Unterereignis wird zwischen direkt aufeinander folgenden Unterereignissen eingefügt.
- *Aufspalten* – ein einzelnes Unterereignis wird in zwei oder mehrere aufgespaltet.
- *Zusammenfassen* – zwei oder mehr Unterereignisse werden zu einem einzigen zusammengefasst.
- *Löschen* – ein bestehendes Unterereignis wird gelöscht.

3.3.3 Zuordnung

Bei diesem Prozessschritt muss die berichtende Person das Ereignis bzw. die abgesteckten Unterereignisse analytisch in Einzelinformationen zerlegen und diese den Komponenten des Mensch-Maschine-Systems (MMS) zuordnen. Das Mensch-Maschine-System wird als Modell für beliebige Arbeitsplätze verwendet und dient als Projektionsfläche für die Abbildung der Ereignisinformationen. Hierzu ist es notwendig, dass die berichtende Person die Definition der MMS-Komponenten kennt und verstanden hat. Aufgrund der Zusammenhänge im MMS ist diese Zuordnung nicht immer eindeutig, d. h., manche Informationen können oder müssen sogar mehreren Komponenten zugeordnet werden.

Das System, das für die hier zu entwickelnde Methode zum Einsatz kommt, basiert auf dem arbeitswissenschaftlichen MMS, das auch in der Beschreibungsstruktur von CAHR verwendet wird, siehe hierzu Abschnitt 3.2. Die Darstellung des Systems wurde gegenüber der allgemeinen wissenschaftlichen Form (geschlossener Regelkreis) etwas stilisiert, um sie für die Praxis etwas anschaulicher zu gestalten. Für den hier angestrebten Verwendungszweck besteht das MMS aus zehn Komponenten und besitzt die in Abbildung 3-7 schematisch dargestellte Struktur:

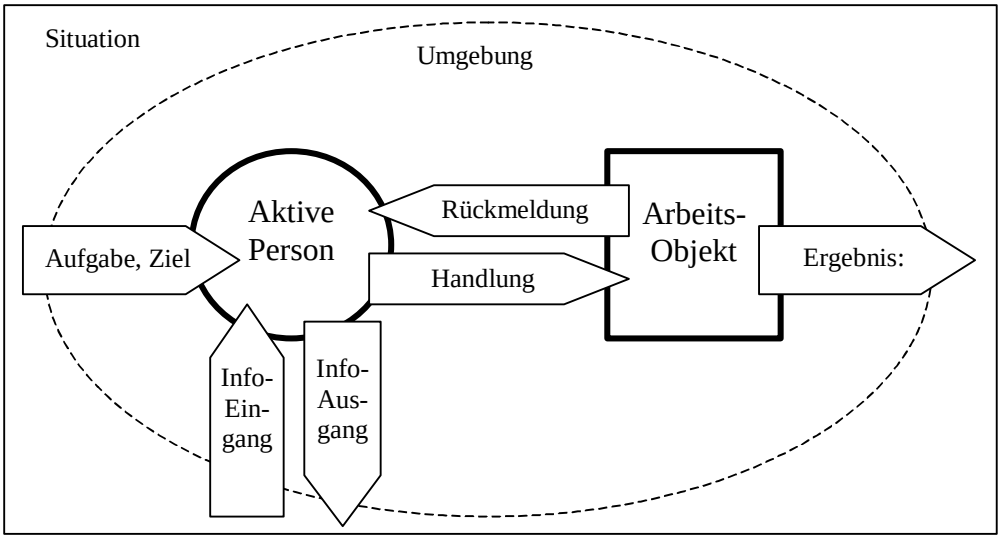


Abbildung 3-7: Das Mensch-Maschine-System, wie es für die Methode als allgemeines Arbeitsplatzmodell verwendet wird

Im Zentrum stehen die beiden konkreten Komponenten *Aktive Perso*n (Mensch) und *Arbeitsobjekt* (Maschine). Sie befinden sich in einer bestimmten formalen *Situation* und sind den Einflüssen ihrer *Umgebung* ausgesetzt. Die *Aktive Person* hat eine *Aufgabe* zu erfüllen oder verfolgt eine Absicht. (Der Begriff „Absicht" wird im Folgenden nicht mehr getrennt aufgeführt, da er hier keinen zusätzlichen Aspekt zum Begriff „Aufgabe" darstellt - eine „Absicht" kann auch als eine selbst gestellte „Aufgabe" verstanden werden.) Um dieses Ziel zu erreichen, kann sie mit oder an einem *Arbeitsobjekt* eine *Handlung* ausführen. Über den Zustand des *Arbeitsobjektes* oder über die *Handlung* mit dem *Arbeitsobjekt* erhält die *Aktive Person* eine *Rückmeldung*. Außerdem kann die *Aktive Person* mit Objekten ihrer Umgebung verbal und nonverbal kommunizieren. Diese Kommunikation wird über die beiden Kanäle *Info-Eingang* und *Info-Ausgang* abgewickelt. Letztendlich wird ein *Ergebnis* produziert, mit dem die *Aufgabe* ganz, teilweise oder nicht erfüllt wurde. Die zehn Komponenten des MMS sind für folgende Inhalte vorgesehen[1]:

- **Situation** – formale Daten wie Datum, Zeit, Ort, Bereich und Phase /Art der Tätigkeit.
- **Umgebung** – unmittelbare Bedingungen der Arbeitsumwelt: z. B. Strahlung, Beleuchtung, Lärm, mechanische Schwingungen und Stöße, Klima, Druck, Temperatur, Sauberkeit, chemische Stoffe und soziale Aspekte wie Arbeitsklima, Mobbing, aber auch organisatorische bzw. managementbezogene Faktoren.
- **Aufgabe/Ziel** – Arbeits- oder Handlungsziel, das die Aktive Person erreichen will oder soll. Ein solches Ziel muss nicht immer von außen gegeben sein, sondern, z. B. im Sinne einer Absicht, von der Aktiven Person selbst stammen.
- **Aktive Person** – Person oder Personengruppe, die mit der Aufgabe beauftragt wurde oder ein bestimmtes Ziel erreichen will.
- **Handlung** – Aktivitäten, die in Zusammenhang mit dem Erreichen des Arbeitsziels unternommen bzw. unterlassen werden.
- **Rückmeldung** – Informationen vom Arbeitsobjekt bzw. Arbeitsmittel, über dessen Zustand oder über die Auswirkung der Handlungen, die an oder mit dem Arbeitsobjekt oder -mittel unternommen wurden.
- **Info-Eingang** – sämtliche verbale und nonverbale Informationen, die an die Aktive Person gesendet wurden, die hätten gesendet werden sollen (oder können) oder bei deren Übertragung es Probleme gab.
- **Info-Ausgang** – sämtliche verbale und nonverbale Informationen, die von der Aktiven Person gesendet wurden, von ihr hätten gesendet werden sollen (oder können), oder bei deren Übertragung es Probleme gab.

[1] Die Definitionen von STRÄTER (1997) sind im Anhang C wiedergegeben.

- **Arbeitsobjekt/Arbeitsmittel** – Gegenstand, mit oder an dem eine Handlung getätigt oder unterlassen wurde. In Sonderfällen kann das Arbeitsobjekt auch eine andere Person sein (z. B. ein Patient im Krankenhaus).
- **Ergebnis** – Zustand, der durch die Handlung (oder durch das Unterlassen einer Handlung) oder durch ein bestimmtes Verhalten erreicht wurde.

Die berichtende Person hat bei der Ereigniserfassung die Aufgabe, alle ihr zugänglichen Ereignisinformationen diesen zehn Komponenten zuzuordnen.

Beispiel:

> *Ein Monteur soll eine Schraube mit einem bestimmten Drehmoment festziehen. Da er diese Tätigkeit immer wieder mit seinem eigenen Drehmomentschlüssel durchführt, verzichtet er auf die Kontrolle des am Schlüssel eingestellten Drehmoments. Er weiß nicht, dass ein Kollege den Schlüssel ausgeliehen und die Einstellung verändert hat. Die Schraube wird deshalb mit einem Drehmoment angezogen, das über dem vorgegebenen Sollwert liegt.*

Welche weiteren Folgen durch das zu hohe Anzugsmoment der Schraube entstehen, soll für die folgende Betrachtung keine Rolle spielen. Es werden lediglich die hier dargestellten Informationen auf die Komponenten des MMS übertragen:

- *Aufgabe: Eine Schraube soll mit einem vorgegebenen Drehmoment festgezogen werden. Bemerkung: Es handelt sich um eine Aufgabe, welche die Aktive Person regelmäßig zu erfüllen hat.*
- *Aktive Person: Monteur.*
- *Handlung: Vor dem Anziehen der Schraube wird das am Schlüssel eingestellte Drehmoment von der Aktiven Person nicht kontrolliert. Die Aktive Person ist daran gewöhnt, dass normalerweise immer das richtige Drehmoment eingestellt ist. Die Aktive Person zieht die Schraube mit einem zu hohen Drehmoment an.*
- *Rückmeldung: Die Aktive Person erhält vom Drehmomentschlüssel ein akustisches und fühlbares Signal, dass das eingestellte Drehmoment erreicht ist. (Diese Information ist im Beispieltext nicht explizit enthalten und muss im realen Fall nachgeprüft werden.)*
- *Info-Eingang: Der Aktiven Person fehlt die Information, dass ein Kollege den Drehmomentschlüssel ausgeliehen und dessen Einstellung verändert hat.*
- *Info-Ausgang: Die Aktive Person sendet durch ihre Tätigkeit nonverbal die Information aus, dass sie mit einer bestimmten Aufgabe bzw. mit dem Drehmomentschlüssel beschäftigt ist. Diese Information hätten anwesende Kollegen zumindest theoretisch empfangen können. (Auch diese Information geht über den Text hinaus und sollte überprüft werden)*
- *Arbeitsobjekt/-mittel: Ein Drehmomentschlüssel, bei dem ein höheres Drehmoment eingestellt ist, als von der Aktiven Person angenommen wird. Eine Schraube, die von der Aktiven Person mit einem Drehmoment festgezogen wird, das über dem geforderten Sollwert liegt.*
- *Ergebnis: Die Schraube ist nach der Handlung mit einem Drehmoment festgezogen, das über dem Sollwert liegt.*

An diesem Beispiel ist zu erkennen, dass bestimmte Informationen mehreren Komponenten zugeordnet werden können. Am augenfälligsten tritt dies bei der Kombination Aufgabe (Schraube soll festgezogen werden) – Handlung (Schraube festziehen) – Ergebnis (Schraube ist festgezogen) auf. Das bedeutet, dass die berichtende Person der Vollständigkeit halber eine Information zwangsläufig mehrmals beschreiben muss.

An diesem kurzen Beispiel wird aber auch ein Effekt erkennbar, der bei dem Beschreibungsschritt „Zuordnung“ regelmäßig auftritt und einen positiven Einfluss auf die Erfassung hat. Dadurch, dass der Anwender dazu angehalten wird, möglichst allen MMS-Komponenten eine Information zuzuordnen, werden zusätzliche Aspekte des Ereignisses abgefragt, die im vorgegebenen Text zwar nicht vorkommen, aber unter Umständen wichtige Rollen gespielt haben. Hier ist es zum einen die Rückmeldung des Drehmomentschlüssels und zum anderen, ob es Kollegen gab, die in den Ereignisablauf hätten eingreifen können. Ohne schon hier auf die Versuchsergebnisse vorgreifen zu wollen, sei gesagt, dass beobachtet wurde, dass der Prozess der Abbildung von einer Motivation zur Vollständigkeit begleitet wird. Es

werden dabei regelrecht Informationen und Zusammenhänge gesucht die über das vordergründige Ereignisgeschehen hinaus gehen, um eine umfassende Beschreibung innerhalb Modells zu erhalten.

Weiter hilft die in einzelne Komponenten aufgeteilte Beschreibungsstruktur dem Anwender, ein Ereignisgeschehen differenziert zu betrachten. Durch die umfassende Modellierung des Mensch-Maschine-Systems können jedoch mit etwas Übung grundsätzlich alle Informationen darin abgelegt werden.

3.3.4 Satzbildung

In allen Komponenten des Mensch-Maschine-Systems werden die Informationen in Form von Sätzen abgelegt. Die Struktur dieser Sätze ist vorgegeben und besteht aus einer Verkettung mehrerer Satzglieder. Diese orientieren sich an den Bestandteilen der CAHR-Satzstruktur, einige tragen jedoch, aus Gründen der Vereinfachung, davon abweichende Bezeichnungen. Die Satzbauweise orientiert sich an einem sprachlichen Grundkonzept, das in allen Sprachen anzutreffen ist und auf dem auch die Modellvorstellung basiert, wie dynamische Informationsinhalte im menschlichen Gedächtnis abgespeichert werden, wie Bubb in Schmidtke (1993, Kap. 5.2, S. 341 ff) darstellt. Gemäß diesem Grundkonzept werden Ereignisse durch Prädikate beschrieben, die Handlungen und Vorgänge von Subjekten angeben, die auf Objekte als Zielpunkte des Geschehens hin ausgerichtet sein können. Das Prädikat kann zusätzlich durch Adverbiale hinsichtlich Ort, Zeit, Grund und Art und Weise des Geschehens näher bestimmt werden. Aufgrund der Ähnlichkeit der Zellenstruktur der dynamischen Inhalte im Gedächtnis (Abbildung 3-8)[1] zu dem hier verwendeten Satzbau (Abbildung 3-9) wird erwartet, dass dadurch der Transfer von Ereigniswissen aus der Erinnerung auf das Beschreibungsmodell erleichtert wird.

Bei der Übertragung von Information aus der Gedächtnisstruktur auf den Satzbau findet folgende Übertragung statt: Agent, Rezipient, Objekt und Instrument werden mit entsprechender Kennzeichnung dem Satzglied „Subjekt/Objekt“ zugeordnet. Aktion bleibt „Aktion“. Ort, Zeit und Wenn-dann-Bedingungen werden den „Umständen“ zugeordnet, während im Satzglied „Problem“ übergreifend diejenigen Aspekte abgelegt werden, die für den Anwender den Charakter des „Unerwünschten“ haben.

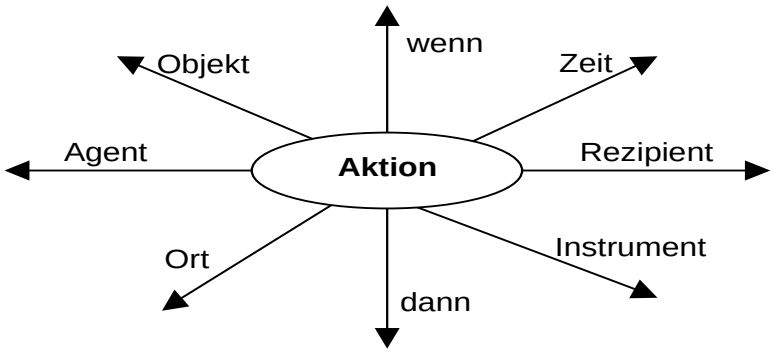


Abbildung 3-8: Grundstruktur zur Speicherung von dynamischen Inhalten im menschlichen Gedächtnis, Quelle: BUBB in SCHMIDTKE (1993)

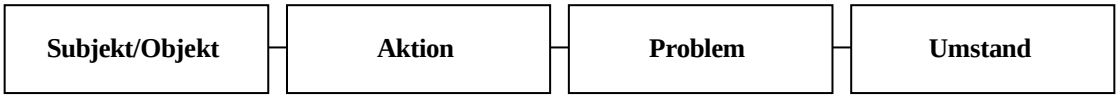


Abbildung 3-9: Satzstruktur zur Ereignisbeschreibung

[1] Abbildung 3-8 zeigt nur das Grundelement der dynamischen Inhalte, das in der Modellvorstellung mit anderen Elementen über Zellen mit statischen Inhalten verknüpft wird. Auf diese Weise entsteht eine netzartige Wissensstruktur.

Um die Bedeutung dieser Satzglieder besser nachvollziehen zu können, dienen folgende Fragen als Hilfestellung:

1a) *Subjekt (Satzgegenstand):* Von wem oder von was geht die Aktion aus? Von welchem Subjekt hätte die Aktion statt dessen ausgehen sollen?

1b) *Objekt (Zielpunkt des Geschehens):* Auf wen oder was ist die Aktion ausgerichtet? Womit wird die Aktion vollzogen? Auf welches Objekt hätte eine unterlassene Aktion abzielen sollen?

2) *Aktion (Prädikat, Satzaussage):* Welche Handlung wurde vollzogen? Welcher Vorgang ist abgelaufen? Welcher Zustand hat angedauert? Welche Aktion hätte stattfinden sollen (z. B. Normhandlung)?

3) *Problem:* Was war hinsichtlich der Aktion unerwünscht? Welche Aktion wäre statt dessen erwünscht gewesen?

4) *Umstand (Umstandsbestimmung):* Welche Faktoren haben das Ereignis begleitet oder beeinflusst? Unter welchen Bedingungen hat das Ereignis stattgefunden.

Je nach MMS-Komponente kann die Bedeutung der Satzglieder leicht variieren. Die Unterschiede sind in der Tabelle 3-1 auf der nächsten Seite zusammengefasst. Anhand dieser Tabelle wird ebenfalls ersichtlich, dass nicht bei jeder Komponente alle Satzglieder verwendet werden. Die Komponenten „Situation“ und „Umgebung“ enthalten beispielsweise nur Objekte und Prädikate, die in erster Linie verwendet werden, um entsprechende Zustände zu beschreiben. Jede Komponente besteht aus maximal vier beschreibenden Satzgliedern. Das erste Satzglied wird je nach Bedarf bzw. je nach Komponente als Subjekt oder Objekt verwendet. Beispielsweise wird bei den Komponenten „Aufgabe“ und „Handlung“ nur das Objekt abgefragt, weil hier die Aktive Person von vorneherein als Subjekt fest steht. Die Satzglieder werden stets in der oben dargestellten Reihenfolge abgefragt. Jedes nachfolgende Satzglied darf nur dann mit einem Begriff belegt werden, wenn das vorhergehende beschrieben wurde. Eine Aktion ohne Objekt bzw. Subjekt würde keinen Sinn machen. Ein Problem tritt nur nach einer (im Sonderfall auch unterlassenen) Aktion auf und Umstände sind in der Regel nur dann von Interesse, wenn es bereits ein Problem gegeben hat. Eine Ausnahme sind dabei jedoch besondere Umstände, die hervorgehoben werden sollen, weil sie beispielsweise ein bestimmtes Problem verhindert haben. Hierzu können in das Satzglied „Problem“ Begriffe wie „kein Problem“ oder „Problem verhindert“ eingetragen werden, um anschließend die Eingabe eines Umstands zu ermöglichen. Während pro Satz die ersten drei Glieder jeweils nur einmal vorkommen dürfen, können theoretisch beliebig viele Umstände hinzugefügt werden.

Pro Komponente können mehrere Sätze gebildet werden, um eine Ereignissequenz ausreichend beschreiben zu können. Dies bedeutet jedoch nicht, dass bei der Komponente „Aufgabe“ mehrere Aufgaben angegeben werden dürfen. Wie bereits in Abschnitt 3.3.1 dargelegt wurde, sollte pro MMS nur eine einzige mehr oder weniger detaillierte Aufgabe der Aktiven Person dargestellt sein. Es sind jedoch auch hierbei mehrere Sätze zulässig, falls diese notwendig sind um die *eine* Aufgabe zu beschreiben.

Wertfreiheit

Ab diesem Zeitpunkt der Beschreibung müssen auch die Kriterien der auftretensorientierten Vorgehensweise beachtet werden. Während es noch relativ einfach ist, Subjekt, Aktion und Objekt wertneutral zu formulieren, ist dies bei den Satzgliedern Problem und Umstände schon deutlich schwieriger zu bewerkstelligen. Auftretensorientierte Beschreibung bedeutet nicht, dass keine Fehler oder Probleme angegeben werden dürfen. Der entscheidende Unterschied liegt darin, wie diese Probleme formuliert sind. Probleme stellen die unerwünschten Aspekte der zuvor beschriebenen Vorgänge dar. Auch sie können wertfrei anhand von Sachverhalten angegeben werden. Wie bereits eingangs angesprochen, kann diese Unerwünschtheit präzise durch das Maß der Abweichung von Ist- und Sollwert beschrieben werden. Dazu ist es jedoch erforderlich, dass Soll-Wert und Toleranzbereich bekannt sind. Umstände sind hier ausdrücklich keine Ursachen, sondern neutral zu formulierende Bedingungen oder Gegebenheiten, unter denen das Ereignis stattgefunden hat oder Faktoren, die das Ereignis begleitet haben. Es geht dabei ausschließlich um die Art und Weise und den Grad der Beeinflussung und nicht um deren Auswirkungen. Die Fähigkeit wertneutral zu formulieren, erfordert erfahrungsgemäß etwas Übung, wobei auch Experten nicht vor ungewollten Wertungen sicher sind.

Komponente	Satzglieder				
	Subjekt	***Objekt***	***Aktion***	***Problem***	***Umstände***
Situation		**Situationsaspekt**	**Zustand**		
		Beschreibung	***Beschreibung***		
Umgebung		**Umgebungsaspekt**	**Zustand**		
		Beschreibung	***Beschreibung***		
Aufgabe/ Absicht	**(Aktive Person)**	**... soll womit etwas tun?**	**... soll mit dem Objekt was tun?**	**Was war bei der Aufgabenstellung problematisch?**	**Welche Umstände haben die Aufgabenstellung begleitet?**
		Beschreibung	***Beschreibung***	***Beschreibung***	***Beschreibung***
Aktive Person	**Aktive Person**				
	Beschreibung				
Handlung	**(Aktive Person)**	**... macht womit?**	**... macht was?**	**Was war bei der Handlung problematisch?**	**Welche Umstände haben die Handlung begleitet?**
		Beschreibung	***Beschreibung***	***Beschreibung***	***Beschreibung***
Rückmeldung	**Arbeitsobjekt**	**Rückmeldungsgröße?**	**Wie wird rückgemeldet?**	**Was war bei der Rückmeldung problematisch?**	**Welche Umstände haben die Rückmeldung begleitet?**
		Inhalt	***Beschreibung***	***Beschreibung***	***Beschreibung***
Info-Eingang	**Sender der Information**	**(Aktive Person)**	**Wie wird die Information gesendet?**	**Was war bei dem Informationsfluss problematisch?**	**Welche Umstände haben den Informationsfluss begleitet?**
	Inhalt der Info		***Beschreibung***	***Beschreibung***	***Beschreibung***
Info-Ausgang	**(Aktive Person)**	**Empfänger der Information**	**Wie wird die Information gesendet?**	**Was war bei dem Informationsfluss problematisch?**	**Welche Umstände haben den Informationsfluss begleitet?**
		Inhalt der Info	***Beschreibung***	***Beschreibung***	***Beschreibung***
Arbeitsobjekt	**Arbeitsobjekt**		**Zustand oder Verhalten des Arbeitsobjektes**	**Problem beim Zustand oder Verhalten des Arbeitsobjekts**	**Umstände, denen das Arbeitsobjekt ausgesetzt war.**
	Beschreibung		***Beschreibung***	***Beschreibung***	***Beschreibung***
Ergebnis	**(Aktive Person)**	**Womit sollte etwas gemacht werden?**	**Was wurde gemacht?**	**Wurde die Aufgabe oder die Absicht erfüllt?**	**Übergreifende Umstände**
		Beschreibung	***Beschreibung***	***Beschreibung***	***Beschreibung***

Tabelle 3-1: Leitfragen zu den Satzgliedern der jeweiligen Komponenten

Die Satzbildung wird nun an einigen Beispielen erläutert:

1) Der Monteur aus dem Beispiel im Abschnitt 3.3.3 verzichtet aus Gewohnheit auf die Kontrolle des eingestellten Drehmoments.

Als Satzstruktur für die MMS-Komponente „Handlung" ergibt sich daraus:

(Subjekt: Monteur ← wird nicht extra angeführt, da die Aktive Person bei der Handlung immer das Subjekt darstellt.)

Objekt: Drehmomentschlüssel

Aktion: Eingestelltes Drehmoment wird nicht kontrolliert. (Nicht durchgeführte Handlung)

Problem: Es ist ein zu hohes Drehmoment eingestellt. (Hierbei wäre noch zu klären, wie hoch das Drehmoment tatsächlich eingestellt ist.)

Umstand: Aus Gewohnheit geht er davon aus, dass das richtige Drehmoment eingestellt ist.

2) Wegen Hydraulikproblemen fährt das Fahrwerk eines Flugzeuges nach dem Start nicht ein.

MMS-Komponente „Arbeitsobjekt“:

Objekt: Fahrwerk

Aktion: Fahrwerk fährt nach dem Start nicht ein.

Problem: Das Fahrwerk sollte einfahren. (Bei einem nicht eingefahrenen Fahrwerk reicht unter Umständen der Treibstoff nicht bis zum Zielflughafen.)

Umstand: Hydraulikprobleme

3) Ein Bauarbeiter versteht wegen hoher Lärmbelastung auf der Baustelle einen vom Polier zugerufenen Auftrag falsch.

MMS-Komponenten „Aufgabe“:

Objekt: Aufgabe

Aktion: falsch verstanden

Problem: Die Aufgabe wurde falsch verstanden. Die Aufgabe wird anders als erwünscht erledigt.

Umstand: Hohe Lärmbelastung auf der Baustelle.

An diesen Beispielen ist zu erkennen, dass unter „Objekt“ und „Aktion“ das beschrieben wird, was sich tatsächlich ereignet hat. Unter „Problem“ wird dann das hervorgehoben, was unerwünscht gelaufen ist und unter „Umstände“ schließlich die Einflüsse auf den Vorgang. Dadurch kann es vorkommen, dass „Aktion“ und „Problem“ sich überschneidende oder gleiche Inhalte haben. Theoretisch könnte bei der Aktion immer die Normhandlung stehen, also das, was richtigerweise getan werden sollte, und die Abweichung von dieser dem „Problem“ zugeordnet werden. Hierzu ist aber notwendig, dass über die Handlung ein normatives Modell existiert. Beispielsweise hat REICHART (2001) ein normatives Modell für das Fahren eines Kraftfahrzeugs im Straßenverkehr entwickelt. Unter Berücksichtigung des Abgleichs von Soll- und Ist-Handlung lautet das dritte Beispiel folgendermaßen:

3 a) *Ein Bauarbeiter versteht wegen hoher Lärmbelastung auf der Baustelle einen vom Polier zugerufenen Auftrag falsch:*

MMS-Komponente „Aufgabe“:

Objekt: Aufgabe

Aktion: Akustisch Verstehen

Problem: Aufgabe wird akustisch falsch verstanden.

Umstand: Hohe Lärmbelastung auf der Baustelle

Diese Vorgehensweise mag zwar auf den ersten Blick konsequenter erscheinen, es wird aber aus zwei Gründen die zuvor beschriebene Vorgehensweise gewählt:

1) Wird die Aktion nicht so beschrieben, wie sie tatsächlich stattgefunden hat, kann dies bei der getrennten Auswertung zu Missverständnissen führen. Würde der Fehler erst im Satzglied „Problem“ auftauchen, müssten diese beiden Satzglieder immer gemeinsam ausgewertet werden.

2) Auf diese Weise kann sowohl die „Aktion“ als auch das „Problem“ fassettenreicher beschreiben werden. Unter „Aktion“ kann dann das Geschehene wiedergegeben und unter „Problem“ die Art des Fehlers genauer differenziert werden. Für die Beschreibung von Fehlern gibt es zahlreiche Fehlertaxonomien, die hier zur Anwendung kommen können. Zusammenfassende Darstellungen von in der Literatur vorkommender Fehlertaxonomien finden sich bei BUBB (1992) und STRÄTER (1997).

3.3.5 Begriffsauswahl und -beschreibung

Im vorangegangenen Abschnitt wurde bereits eine Modellvorstellung angesprochen, wie Informationsinhalte im menschlichen Gedächtnis abgespeichert werden. Bei dieser Struktur wird zwischen statischen und dynamischen Inhalten unterschieden. Zellen mit statischem Inhalt enthalten Elemente,

Eigenschaften der Elemente und Klassen, die selbst wieder Elemente auf einer höheren Abstraktionsebene darstellen und zu noch höheren Klassen zusammengefasst werden, usw.. Die Verknüpfungen zwischen den Zellen stehen für die Beziehungen zwischen deren Inhalten, zum Beispiel welche Eigenschaft einem Element zugeordnet wird oder welcher Klasse ein Element angehört. Dynamische Inhalte werden als Aktionen in Zellen abgespeichert, die wiederum über Zellen statischen Inhalts mit anderen Aktionen verknüpft sind (Quelle: BUBB in SCHMIDTKE, 1993). Über solche Vernetzungen werden komplexe Vorgänge im menschlichen Gedächtnis abgespeichert. Das satzweise Ablegen von Informationen, wie es hier bei der Erfassung von Ereignissen vorgenommen wird, ähnelt der Struktur dieser Modellvorstellung, allerdings in stark vereinfachter Weise. Die einzelnen Satzglieder entsprechen den Zellen, die entweder mit statischen oder dynamischen Inhalten gefüllt sind und zu einem ganzen Satz verknüpft sind, der einen Vorgang oder einen Zustand repräsentieren kann. Den Sätzen sind wiederum die Komponenten als übergeordnete Informationsklasse zugeordnet, die wiederum alle zum Mensch-Maschine-System als oberste Klasse zusammengefasst sind. Die Satzglieder enthalten jeweils zwei weitere Elemente, welche die unterste Ebene dieser Hierarchie darstellen. Diese untersten Elemente erhalten ihre Bedeutung dadurch, dass in ihnen die eigentlichen Informationen in verbaler Form abgelegt werden. In diesem letzten Schritt des Beschreibungsprozesses kommt es deshalb darauf an, dass die Unterelemente der Satzglieder mit Begriffen und Beschreibungen gefüllt werden. Zwar ähnelt diese Struktur der Informationsspeicherung im menschlichen Gehirn, aber es ist leider nicht der Fall, dass die Information im Gedächtnis durchweg schon in verbaler Form vorliegt. Vereinfacht dargestellt besteht der Inhalt der Gehirnzellen hauptsächlich aus abstrakten bildhaften Vorstellungen und aus linearen Ordnungen, in denen Informationen über Reihenfolgen von Elementen kodiert sind. Die Verbalisierung von Gedächtnisinformation - im Falle, dass ein Ereignis aus der Erinnerung wiedergegeben wird - ist leider noch keine Aufgabe, die sich quasi von selbst erledigt, und wird daher in dem für die Methode erforderlichen Rahmen näher betrachtet.

Begriffswahl (Erstes Element der Satzglieder)

Jedes der Satzglieder „Objekt“, „Aktion“, „Problem“, „Umstand“ besteht aus zwei Elementen. Zunächst aus einem Begriff, der aus einer vorgegebenen Taxonomie ausgewählt werden kann und weiter aus einem optionalen zweiten Teil, mit der Beschreibung des zuvor ausgewählten Begriffs in freier Form. Bei der Begriffsauswahl im ersten Element soll ein spezifischer Ereignisbegriff einem passenden übergeordneten oder allgemeineren Begriff zugeordnet werden. Es soll eine möglichst einheitliche Begrifflichkeit in der Grundbeschreibung eines Ereignisses gewährleistet werden, in dem sinn- und sachverwandte Begriffe durch ein entsprechendes Leitwort ausgedrückt werden. Beispielsweise gibt es für den Begriff „Auto“ eine Vielzahl synonym verwendbarer Ausdrücke. Eine Auswahl davon ist in Tabelle 3-2 dargestellt.

Leitwort	***Synonyme***
Auto	**Fahrzeug** **Automobil** **Pkw** **Personenkraftwagen** **Kraftfahrzeug** **Kraftwagen** **Wagen** **Karosse** **fahrbarer Untersatz** **Kombi** **Coupé** **Limousine**

Tabelle 3-2: Synonymisch verwendete Begriffe zum Leitwort „Auto“[1]

Würden noch die einzelnen Typenbezeichnungen (z. B.: BMW 316i, VW Polo, Mercedes E320, usw.) hinzugerechnet, gäbe es unüberschaubar viele Möglichkeiten, einen PKW zu benennen. Damit wäre eine vergleichende Auswertung von Ereignissen, in denen lediglich ein Auto eine Rolle spielt, mit dem

[1] Quelle: DUDEN 8-1997: ‚Sinn- und sachverwandte Wörter’

Aufwand verbunden, dass alle möglichen Bezeichnungen berücksichtigt werden müssten. Um dies zu vermeiden, sollen alle Aspekte eines Ereignisses sowohl durch einen einheitlichen Begriff und durch dessen freie detaillierte Beschreibung im zweiten Element eines jeden Satzgliedes festgehalten werden. Dadurch bleiben alle Informationen, die bei der üblichen Verallgemeinerung hin zum Leitwort verloren gehen, in der Beschreibung im zweiten Element erhalten.

Der Unterschied zwischen den Begriffen „Leitwort" und „Klasse" besteht darin, dass das „Leitwort" den gebräuchlichsten oder allgemein verständlichen Begriff darstellt, während unter „Klasse" ein übergeordneter bzw. kategorisierender Begriff verstanden wird. Zu den Synonymen in Tabelle 3-2 gehören auch Klassenbezeichnungen wie etwa „Fahrzeug", dem der Begriff „Auto" als Element untergeordnet ist. Das bedeutet, das Leitwort wird in diesem Fall auch als Ersatz für den Klassenbegriff verwendet, falls die Bedeutung des gemeinten Ausdrucks (Fahrzeug) auch tatsächlich dem Leitwort (Auto) entspricht, also beispielsweise kein „Motorrad" beschrieben werden soll. Durch diese Vorgehensweise kann es vorkommen, dass Begriffe durch die Verwendung des synonymischen Leitwortes sowohl klassifiziert als auch differenziert werden. Das Leitwort kann zwar die Klasse bezeichnen, muss es aber nicht. Die Auswahl von Leitworten bei der Erstellung einer Taxonomie stellt trotzdem in den meisten Fällen eine Kategorisierung von Begriffen dar: Ein beliebiger Begriff wird durch einen allgemeineren bzw. übergeordneten Sammelbegriff ersetzt. Alle Begriffe, die durch das Leitwort als Synonym beschrieben werden können, gehören zur selben Kategorie. Im idealen, aber gleichsam schwer erreichbaren Zustand erfüllt die Kategoriebezeichnung, also das Leitwort, die Bedingungen für *Kategorien nach qualitativen Merkmalen*, zu welchen nach BORTZ (1984) folgende zählen:

1. Genauigkeits-Kriterium: exakte Definition der Kategorie.
2. Exklusivitäts-Kriterium: Die Kategorien müssen sich gegenseitig ausschließen.
3. Exhaustivitäts-Kriterium: Die Kategorien müssen das Merkmal erschöpfend beschreiben.

Die Ereigniserfassungsmethode soll auf möglichst viele Fachbereiche der menschlichen Arbeitswelt angewandt werden können. Und zwar langfristig nicht nur in jedem einzelnen Bereich für sich, sondern auch bereichsübergreifend durch die Speicherung der Daten in einer allgemeinen interdisziplinären Datenbank mit einer nachfolgenden gemeinsamen Auswertung (STRÄTER, 2002). Nun ist es aber leicht vorstellbar, dass die Begriffswelt der Luftfahrt nicht direkt auf den Bereich Kernkrafttechnik oder Arbeitssicherheit übertragen werden kann. Jeder Bereich besitzt spezifische Begriffe, die in anderen Bereichen entweder gar nicht vorkommen oder andere Bezeichnungen tragen. Jedes Fachgebiet benötigt deshalb zunächst eine eigene Taxonomie, mit der sich alle Ereignisse in diesem Bereich zufrieden stellend beschreiben lassen. Insbesondere die Begriffe für die Satzglieder „Objekt" und „Aktion", also in erster Linie die Gegenstände und Handlungen werden sich in den verschiedenen Bereichen deutlich unterscheiden. Bei den Satzgliedern „Problem" und „Umstand" werden dagegen größere Übereinstimmungen erwartet, weil sich die Begriffe darin grundsätzlich allgemeiner anwenden lassen. Problembegriffe wie „falsch", „fehlerhaft", „nicht möglich" oder „unterlassen" passen zu Handlungen in fast allen Bereichen, ebenso Umstandsbegriffe wie „Vorschrift", „Krankheit", „Konstruktion". Nicht zuletzt durch den in den meisten Arbeitsumgebungen präsenten „Menschen" als gemeinsamen Faktor, ergibt sich auch eine begriffliche Schnittmenge in diesen Bereichen (LFE, 2000/S. 39 ff; STRÄTER, 2002). Im ersten Ansatz zur Entwicklung der Beschreibungsmethode erhält jeder Bereich und jedes Satzglied seine eigene Taxonomie, d. h., die interdisziplinäre Verwendbarkeit der Begriffe wird bei deren Zusammenstellung hier noch zurückgestellt.

Theoretisch benötigt jedes Satzglied in jeder Komponente des Mensch-Maschine-Systems eine eigene Taxonomie, wobei auch Gruppen hinsichtlich der gemeinsamen Verwendung von Begriffen bei den Satzgliedern „Objekt" und „Aktion" gebildet werden können. So sind zum Beispiel die Komponenten „Aufgabe", „Handlung" und „Ergebnis" in diesen Satzgliedern begrifflich miteinander verwandt. Ebenso ähneln sich auch „Info-Eingang" und „Info-Ausgang", bzw. „System" und „Rückmeldung". Genaue Aussagen darüber, wie stark sich die Begriffe der einzelnen Komponenten und Satzglieder überschneiden, können getroffen werden, sobald für einige Bereiche umfassende Gesamttaxonomien gebildet wurden.

Wird für jeden Fachbereich, für jede MMS-Komponente und für jedes Satzglied jeweils eine eigene Teiltaxonomie erstellt, ergibt sich eine Baumstruktur, die in Abbildung 3-10 dargestellt ist. Inwiefern diese Struktur für die praktische Anwendung geeignet ist, wird später im Versuch geklärt werden müssen. Möglicherweise wird es notwendig werden, dass die Taxonomien der MMS-Komponenten

nicht parallel angeordnet sind, sondern die Taxonomie eines jeden nachfolgenden Satzgliedes vom zuvor ausgewählten Begriff abhängig ist. Dieser Aufwand wird für die erste Versuchsanwendung noch nicht in Kauf genommen, sondern mit der abgebildeten Struktur gearbeitet.

Die Vielfalt der menschlichen Sprache stellt eine nicht einfach zu überwindende Hürde bei der Zusammenstellung geeigneter Taxonomien dar. Hier eignen sich die zuvor genannten Kriterien als Richtlinie für die Taxonomiebildung. Als zusätzliches, aber nicht weniger wichtiges Kriterium kommt weiter hinzu, dass die Begriffe praxisüblich sein müssen, also zumindest dem passiven Wortschatz der Anwender angehören. Die Begriffe der Taxonomie sollten jeweils genau definiert sein, sich in ihren Bedeutungen nicht überschneiden, die Bedeutungen der untergeordneten Begriffe ausreichend in sich vereinen und von den Anwendern verstanden werden können.

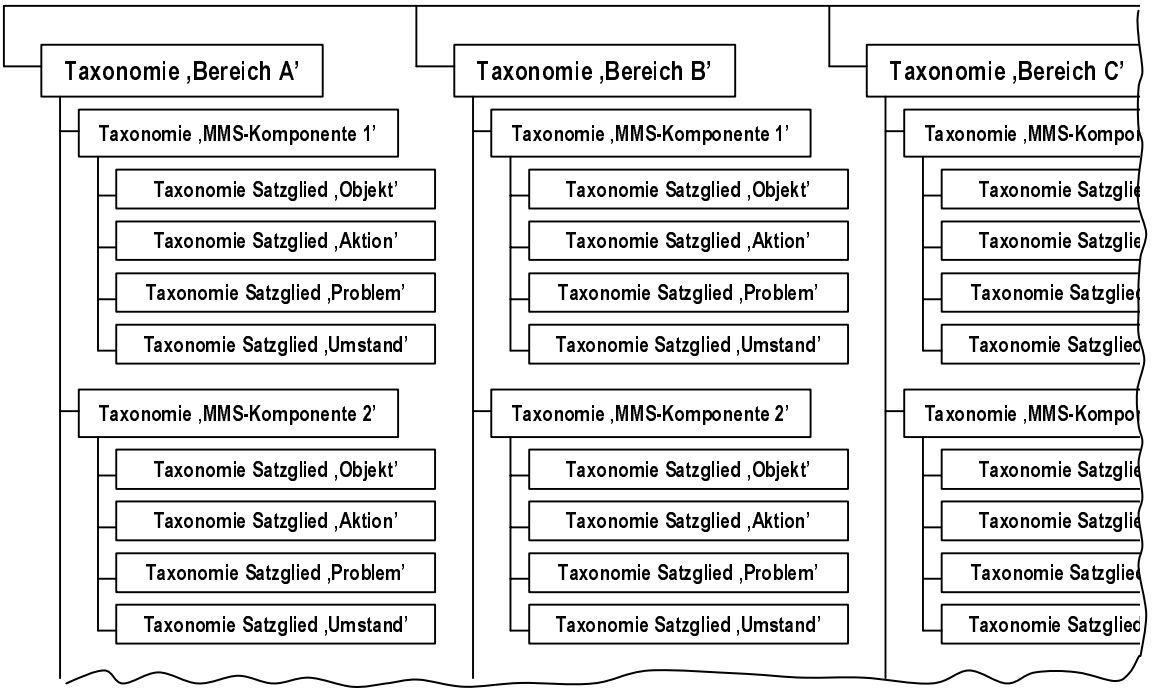


Abbildung 3-10: Taxonomiestruktur für verschiedene Fachbereiche, MMS-Komponenten und Satzglieder (Ausriss)

Begriffsbeschreibung (Zweites Element der Satzglieder)

Nachdem ein übergeordneter Leitbegriff ausgewählt wurde, hat die berichtende Person die Möglichkeit, diesen Begriff mit freiem Text näher zu erläutern. Dabei können all die Informationen wieder untergebracht werden, die bei der Beschränkung auf das ausgewählte Leitwort zunächst verloren gegangen sein können. Bei der Beschreibung sollte lediglich darauf geachtet werden, dass sie sich auf den Begriff und seine Bedeutung innerhalb des gewählten Satzgliedes bezieht. Es sollte besser ein weiterer Satz hinzugefügt werden, ehe darin etwas untergebracht wird, was nicht den zuvor ausgewählten Begriff erläutert bzw. über dessen Definition hinausgeht. Vorversuche haben gezeigt, dass ungeübte Anwender dazu neigen, die einzelnen Satzglieder unklar voneinander zu trennen. Beispielsweise wird bei der Beschreibung des Objekts bereits die Aktion mit angesprochen und bei der Aktion dann nur noch auf das Problem eingegangen.

Satzglied	***Begriff***	***Beschreibung***
Objekt	**Kaffee**	**Bohnenkaffee, frisch gemahlen, mild,**
Aktion	**kochen**	**mit Kaffeemaschine,**
Problem	**fehlerhaft**	**zu stark,**
Umstand	**Übung**	**zu viel Kaffeepulver verwendet.**

Tabelle 3-3: Beispiel „Kaffee kochen" zur Begriffsbeschreibung

Detaillierungsgrad

Ein weiteres Problem bei der Erstellung von Taxonomien ist, ein geeignetes Maß für die Detailtiefe der Begriffe zu finden. Bei zu feiner Detaillierung werden Taxonomien unübersichtlich, da zu viele Begriffe zur Auswahl stehen, bei lediglich groben Begriffen können dagegen Teile der Information verloren gehen. Diese Problematik wird anhand eines kleinen Beispiels diskutiert.

Beispiel: Ein Landwirt bemerkt bei der Arbeit mit einer Motorsäge (Typ „Termit S40"), dass der Kraftstoff im Tank zur Neige geht. Weil er weiß, dass seine Säge schwierig zu starten ist, betankt er sie ohne den Motor abzustellen. Durch die Vibration der Säge und weil er keinen Trichter zur Hand hat, wird dabei Kraftstoff verschüttet, der sich am heißen Auspuff entzündet. Der Landwirt erleidet dadurch leichte Verbrennung und die Motorsäge wird beschädigt.

Für die Beschreibung der Handlung „Motorsäge ohne Einfülltrichter und bei laufendem Motor betanken, wobei sich der Kraftstoff am heißen Auspuff entzündet" gibt es mehrere denkbare Möglichkeiten, die vom Detaillierungsgrad und von der Sichtweise bzw. dem Interesse an dem Unfall abhängen können.

1) Sicht des Landwirts:

Der Landwirt besitzt mehrere Motorsägen. Im Bereich „Landwirtschaft" ist die Anzahl der Arbeitsgeräte so begrenzt, dass der Begriff „Motorsäge" als Leitbegriff fungieren kann. Die Aktion, die der Landwirt durchführt, ist das „Betanken" der Motorsäge. Das Problem bei dieser Aktion ist, dass Kraftstoff verschüttet wird, der sich am heißen Auspuff entzündet. Die Umstände dabei sind, dass das Betanken bei laufendem Motor durchgeführt wurde, weil der Landwirt die Säge wegen zu erwartender Startprobleme nicht abstellen wollte. Ein weiterer Umstand ist, dass beim Betanken das notwendige Hilfsmittel „Trichter" fehlt.

Satzglied	***Begriff***	***Beschreibung***
Objekt	**Motorsäge**	**Typ „Termit S40"**
Aktion	**betanken**	**Kraftstoff aus Kanister in Säge einfüllen.**
Problem	**Brand, Verletzung, Schaden**	**Kraftstoff entzündet sich am heißen Auspuff. Der Bediener erleidet leichte Verbrennungen, die Säge wird beschädigt.**
Umstände	**Falsche Bedienung** **Hilfsmittel fehlt**	**Motor läuft.** **Kein Trichter benutzt.**

Tabelle 3-4: Satzbeschreibung, Beispiel „Motorsäge", Sicht des Landwirts

2) Sicht des Motorsägenherstellers:

Vielleicht erfährt der Hersteller der Motorsäge von dem Unfall und beginnt nun seinerseits den Unfall zu erfassen. Experten des Herstellers befragen den Landwirt und versuchen das Ereignis zu rekonstruieren. Weil der Hersteller eine Vielzahl verschiedener Motorsägen im Programm hat, ist der Begriff „Motorsäge" als Bezeichnung nicht detailliert genug. Hier wird der Typ der Säge zum Oberbegriff, und deren spezifische Daten kommen in die Beschreibung. Auch die übrigen Satzglieder werden von diesem Standpunkt aus nun detaillierter beschrieben:

Satzglied	***Begriff***	***Beschreibung***
Objekt	**Motorsäge Termit S40:**	**Baujahr, Herstellungswerk, Zustand der Säge – als Beispiele.**
Aktion	**betanken:**	**Kraftstoff aus 5l-Kanister in Säge einfüllen.** **Mischungsverhältnis des Kraftstoffs?**
Problem	**Kraftstoff entzündet sich beim Betanken der Säge.**	**Wo genau hat sich der Kraftstoff entzündet?** **Wie ist der Kraftstoff an diese Stelle gelangt?** **Wie stark wurde die Säge beschädigt?**
Umstände	**Falsche Bedienung:** **Ergonomie/Sicherheit:** **Technische Einflüsse:** **Wartung:** **Ergonomie/Auslegung:**	**Betankung bei laufendem Motor.** **Betankung ist bei laufendem Motor möglich.** **Säge startet schlecht bei heißem Motor, wegen konstruktiver Mängel am Vergaser.** **Stark abgenutzte Zündkerze deutet auf Wartungsmängel hin, die ebenfalls zu Startproblemen führten.** **Kleine Tanköffnung erschwert Betankungsvorgang.**

Tabelle 3-5: Beispiel „Motorsäge", Sicht des Herstellers

3) Sicht einer übergeordneten statistischen Erfassungsstelle

Wird der Unfall an eine Versicherung gemeldet, so kann es sein, dass die Unfalldaten in eine übergeordnete Statistik einfließen, die beispielsweise alle Arbeitsunfälle in einem bestimmten Bezirk erfasst. In einer Statistik würde wahrscheinlich eine viel gröbere Beschreibung ausreichen:

Satzglied	***Begriff***	***Beschreibung***
Objekt	**Handgeführte Maschine**	**Motorsäge,**
Aktion	**bedienen**	**Betanken,**
Problem	**Verletzung**	**Kraftstoffbrand,**
Umstände	**Fehlbedienung**	**Bedienvorschrift wurde nicht eingehalten.**

Tabelle 3-6: Beispiel „Motorsäge“, Sicht einer statistischen Erfassungsstelle

In diesen drei Beschreibungen hängt der Detaillierungsgrad bzw. der Betrachtungsfokus jeweils davon ab, welchem Zweck die Daten dienen, mit wie viel Aufwand die Erfassung betrieben werden darf und wie zugänglich die Informationen sind.

- Der Landwirt will, dass ihm ein solcher Unfall nicht mehr passiert. Er erfasst das Ereignis so, dass er seine Mitarbeiter und eventuell Kollegen auf anderen Höfen vor dieser Gefahr warnen kann.
- Der Hersteller interessiert sich für den Unfall, weil er beispielsweise vorhandene Sicherheitsprobleme an seinen Sägen erkennen und beseitigen will.
- Übergeordnete Stellen sind damit beauftragt, statistische Informationen über das Ereignisgeschehen in zuständigen Bereichen zu liefern.

Der Detaillierungsgrad kann grundsätzlich durch die Begriffsvorgaben in der Taxonomie beeinflusst werden. Allerdings wird es problematisch, wenn Vorstellungen oder Wissensstand der berichtenden Person sehr stark vom Detaillierungsgrad der Taxonomie abweichen. In diesem Fall fällt es diesen Personen schwer, passende Begriffe auszuwählen. Bei der Erstellung von Taxonomien muss also vorab geklärt sein, welchem Zweck die Erfassung dient, welcher Personenkreis die Eingabe durchführen soll und mit welchem Aufwand die gesamte Erfassung betrieben werden darf. Durch das wissenschaftliche Ziel, mit den erfassten Ereignissen eine branchenübergreifende Vergleichsanalyse durchzuführen, wäre es wünschenswert, wenn in diesen Bereichen mit einem ähnlichen Detaillierungsgrad vorgegangen werden würde.

In vielen Unternehmen werden bereits spezifisch angepasste Begriffssammlungen für Ereigniserfassungen verwendet. In diesen liegt meistens schon ein brauchbarer Bestand an Begriffen für Objekte und Aktionen und ansatzweise auch Begriffe für Probleme und Umstände vor. Diese Begriffsammlungen können als Ausgangspunkte für die hier branchenspezifischen Taxonomien verwendet werden. In der Arbeit von STRÄTER (1997) wird eine Taxonomie der Probleme (Fehler/Angabe) vorgeschlagen, die an SWAIN, GUTTMANN (1983) angelehnt ist sowie eine Taxonomie der Umstände (Eigenschaft), die aus den in der Literatur vorkommenden fehlerbegünstigenden Bedingungen (PSF - Performance Shaping Factors – Leistungsbeeinflussende Faktoren) abgeleitet sind. Die darin vorkommenden Begriffe sind weitgehend universell anwendbar. Bei der Taxonomiebildung bietet es sich an, anhand dieser ersten Begriffssammlung mit der Ereignisbeschreibung zu beginnen und dabei nach und nach fehlende Begriffe hinzuzufügen. In regelmäßigen Abständen sollte die so entstandene Taxonomie auf Synonyme bzw. ähnlich gebrauchte Begriffe durchsucht werden und diese dann durch das entsprechende Leitwort ersetzt werden. Es wird erwartet, dass dabei mit der Zahl der erfassten Ereignisse Begriffsergänzungen immer seltener notwendig werden. Praktische Erfahrung zu dieser Vorgehensweise liegen jedoch noch nicht in einem für weitere Aussagen ausreichenden Umfang vor.

3.3.6 Gesamtprozess

Als Zusammenfassung und zur Übersicht wird in den folgenden Abbildungen 3-11 und 3-12 der gesamte bisher erarbeitete Beschreibungsprozess als Flussdiagramm dargestellt.

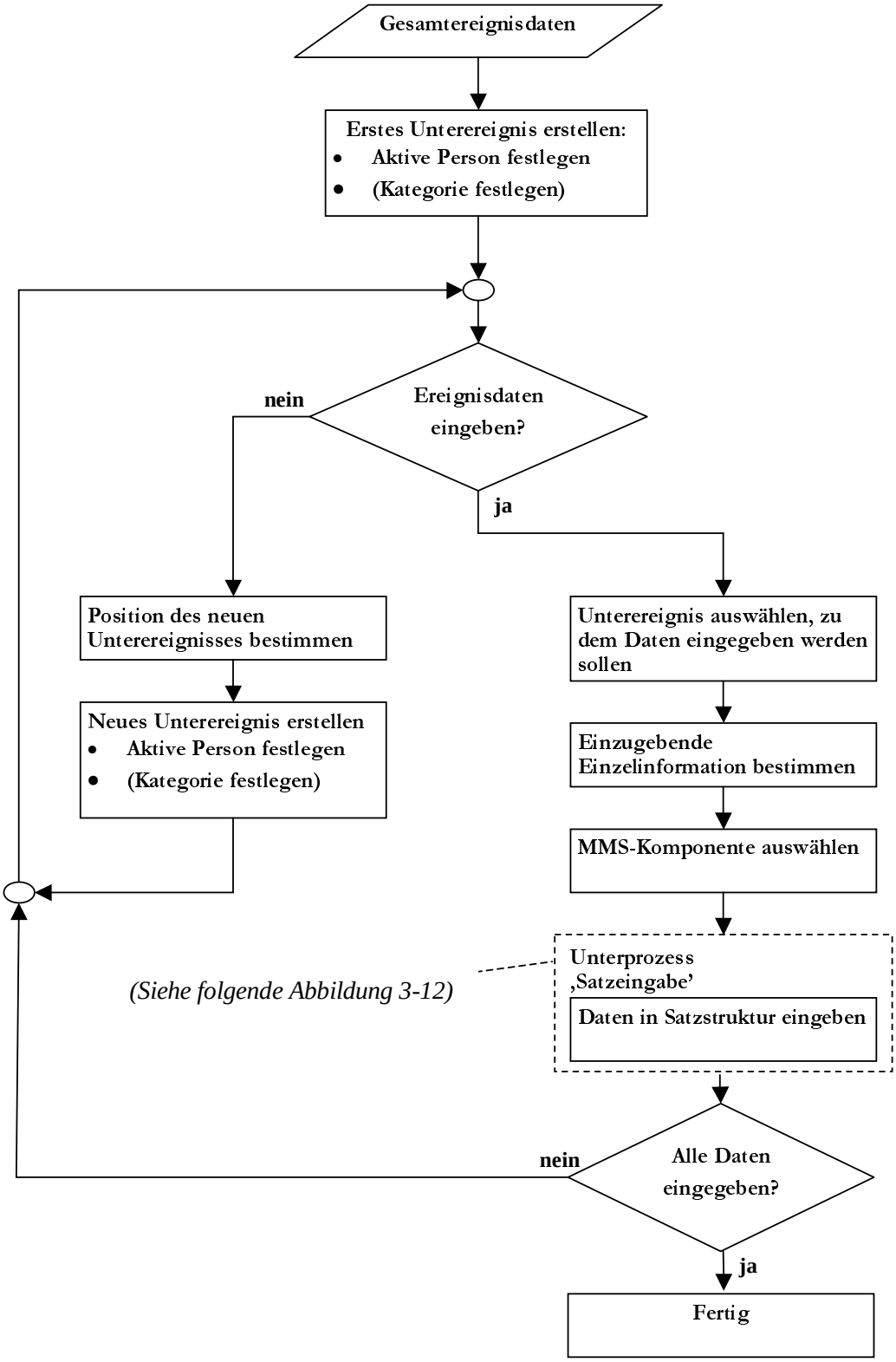


Abbildung 3-11: Der gesamte Eingabeprozess als Flussdiagramm

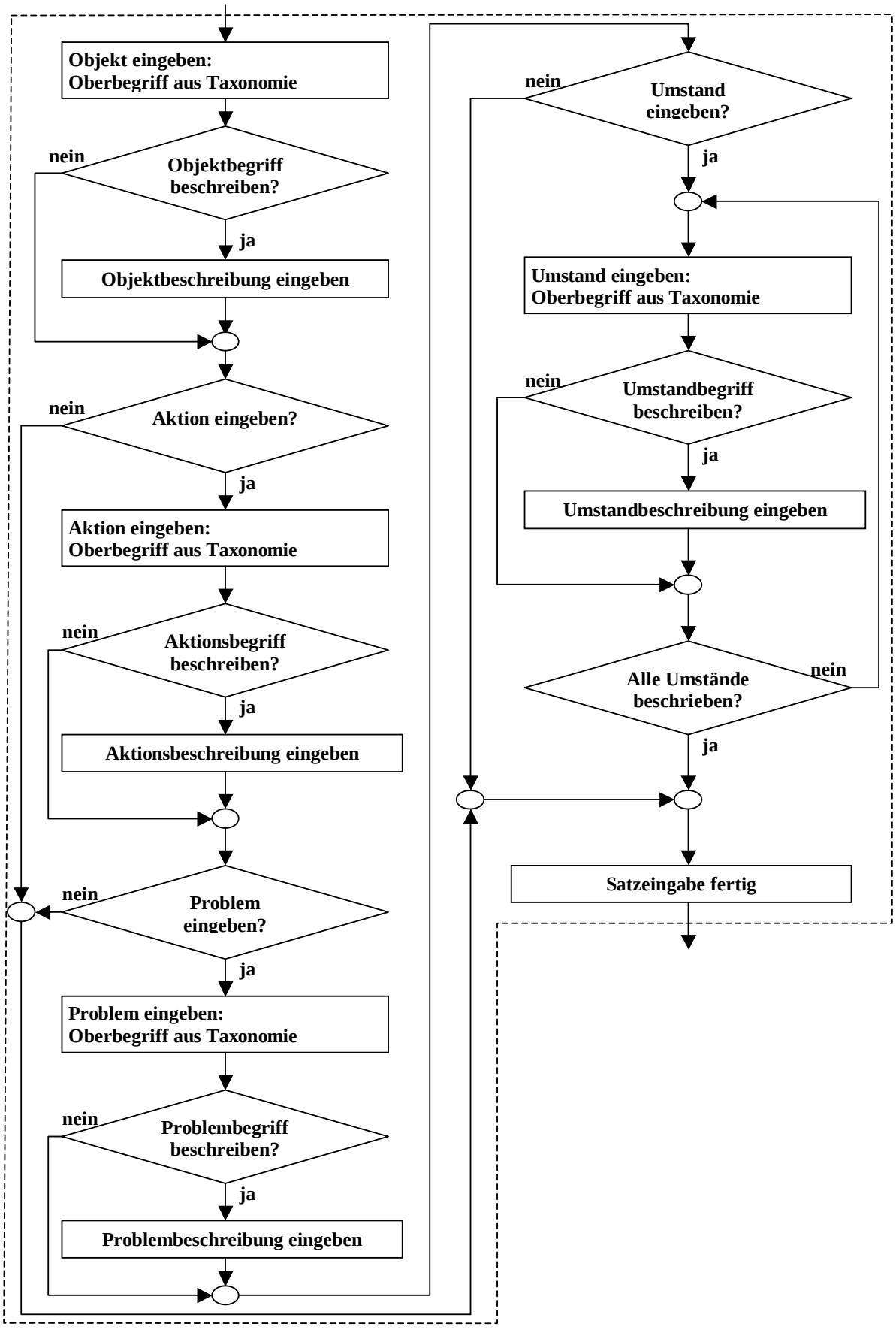


Abbildung 3-12: Der Unterprozess „Satzeingabe“ als Flussdiagramm

3.4 Unterstützung der Ereigniserfassung

In den vorangegangenen Abschnitten wurde die notwendige Grundstruktur des Beschreibungsprozesses entwickelt. In dieser Form, vorwiegend bestehend aus einzelnen Regeln hinsichtlich Vorgehensweise, ist der Prozess noch wenig anwendungsfreundlich und praxistauglich. In diesem Abschnitt werden Überlegungen angestellt, wie die Anwendbarkeit verbessert werden kann, insbesondere wie die Qualität der Ereignisberichte hinsichtlich Einheitlichkeit, Vollständigkeit und Detailliertheit weiter gesteigert werden kann. Damit wird die Realisierung eines Erfassungswerkzeugs vorbereitet, das im nächsten Kapitel beschrieben wird. Aber zunächst zu den grundsätzlichen Möglichkeiten, wie der Prozess in die praktische Anwendung umgesetzt werden kann.

In der einfachsten Form können die einzelnen Schritte des Beschreibungsprozesses von Hand mit Hilfe von Papier und Bleistift durchgeführt werden. Allerdings sind dabei die Unterstützungsmöglichkeiten sehr begrenzt. In diesem Fall sind lediglich entsprechende Arbeitsformulare (ein Beispiel ist im Anhang D abgebildet) notwendig, sowie ein Leitfaden zur Vorgehensweise und ein Verzeichnis der Taxonomiebegriffe samt Erläuterungen.

Deutlich mehr Unterstützungsmöglichkeiten wären jedoch möglich, wenn der gesamte Beschreibungsprozess als rechnergestützte Lösung umgesetzt werden würde:

- Die berichtende Person könnte interaktiv durch die Eingabe geleitet werden. Hilfsfunktionen, Begriffsverzeichnisse und erklärende Texte könnten bedarfsorientiert ausgewählt und angeboten werden.
- Die Erfassungsmethode könnte flexibel an die jeweils aktuellen Gegebenheiten angepasst werden, beispielsweise hinsichtlich des Einsatzbereiches oder der jeweiligen Sprache.
- Die eingegebenen Daten könnten aufbereitet und in übersichtlicher Form rückgemeldet werden, so dass der Benutzer ständig über seine Eingaben im Bild ist und diese bei Bedarf ergänzen, bearbeiten oder wieder löschen kann.
- Die Daten könnten schon während der Eingabe einer Prüfung unterzogen werden. Mögliche Kriterien wären die Konformität der Eingabedaten zur Beschreibungsstruktur oder der Vollständigkeit und die Plausibilität der Ereignisdaten.
- Der Ereignisbericht läge nach der Eingabe bereits in elektronischer Form vor und könnte direkt zur Auswertung weitergeleitet werden.

Als Nachteil muss jedoch angeführt werden, dass eine solche rechnergestützte Lösung das Vorhandensein von Hard- und Software erfordert und der praktische Umgang damit von den üblichen Problemen begleitet sein wurde. Allerdings sind quantitative Analysen praktisch kaum ohne die Verwendung von Rechnern durchführbar, insofern muss der Einsatz von solchen Geräten ohnehin in Kauf genommen werden.

Mit der Einschätzung, dass die angeführten Vorteile die Nachteile überwiegen, wird angestrebt, den Erfassungsprozess als ein Programm auf einem Rechner zu realisieren. In einer ersten Arbeitsversion des Werkzeugs werden zunächst nur die notwendigen Funktionen zur Datenablage auf einem Rechner programmiert. Dazu wird das Beschreibungsmodell in Tabellenform bereitgestellt und eine Entscheidungsbaumstruktur angeboten, mit Hilfe derer die Ereignisdaten in die Zellen der Tabelle einsortiert werden können. Als Programmiergrundlage dient hierbei das im Abschnitt 3.3.6 dargestellte Flussdiagramm. Das Programm stellt damit eine Datenbankanwendung dar, die über eine Eingabeoberfläche Daten entgegennimmt und entsprechend der vom Anwender festgelegten Zuordnung hinsichtlich Unterereignis, MMS-Komponente, Satzglied und Satzgliedteil in die zugehörende Zelle der Beschreibungsstruktur schreibt. Als einzige weitere Unterstützung des Anwenders wird eine Taxonomieauswahl für die ersten Teile der Satzglieder bereitgestellt, die mit Begriffen beschrieben werden sollen. Aufbauend auf diesem Grundprogramm werden im Folgenden einige Anforderungen und Möglichkeiten diskutiert, wie die berichtende Person bei dem Beschreibungsprozess weiter unterstützt werden kann. Dabei wurde vermehrt experimentell vorgegangen, d. h. Möglichkeiten und Anforderungen werden zunächst theoretisch überlegt oder in Vorversuchen durch Beobachtung der Versuchspersonen ermittelt. Danach wurden die Ansätze programmtechnisch umgesetzt und erneut mit Versuchspersonen getestet. Auf diese Weise wurde das Programm entwickelt, das im 4. Kapitel eingehend dargestellt wird. Die Aspekte, die dabei eine Rolle gespielt haben, sind in den folgenden Unterabschnitten zusammengefasst.

3.4.1 Freiheit der individuellen Vorgehensweise

Um das Ziel einer hohen Objektivität und Einheitlichkeit bei der Beschreibung zu erreichen, wird der Datenfluss eingeengt, indem Auswahlmöglichkeiten begrenzt und bestimmte Vorgehensweisen erzwungen werden. Dabei empfiehlt es sich aber, dass Freiräume für individuelle Vorgehensweisen erhalten bleiben. Das Programm muss aber verschiedene Eingabeweisen zulassen, von denen angenommen werden kann, dass sie zum gleichen Ergebnis führen. Hinsichtlich der Reihenfolge bei der Erstellung von Unterereignissen und bei der Eingabe von Daten in diese Unterereignisse wurden bei Vorversuchen verschiedene Tendenzen beobachtet und zu fünf unterschiedlichen Eingabetypen zusammengefasst:

- Eingabetyp 1/A legt ein Unterereignis an und beschreibt dieses dann möglichst vollständig, bevor er mit dem nächsten Unterereignis weitermacht. Auf diese Weise wird das Gesamtereignis chronologisch vom Anfang zum Ende hin abgebildet. Überlappungen der Unterereignisse kommen dabei nur selten vor, während als unwichtig eingeschätzte Informationen eher weggelassen werden. Diesem Eingabetyp fällt es schwerer, die gesamte Kette der Unterereignisse im Auge zu behalten oder später hinzugekommene Information in bereits abgeschlossene Unterereignisse einzubinden. Soll ein schriftlich vorliegender Ereignisbericht übertragen werden, so geht dieser Typ meistens den Weg, die Informationen entsprechend der Vorlage Satz für Satz abzuarbeiten. Handelt es sich um eine chronologisch unstrukturierte Vorlage oder mangelt es in der Beschreibung an der logischen Aufeinanderfolge der Sachverhalte, so schlagen sich diese Mängel derart auf die Beschreibung durch, dass sich Daten in der Abbildung an den falschen Stellen wiederfinden. Soll dieser Typ Wissen über ein Ereignis aus dem Gedächtnis abbilden, wird meistens nur das wichtigste Kernereignis beschrieben. Diesem Typ sind zumeist ungeübte Personen oder Erstanwender zuzurechnen.

- Eingabetyp 1/B versucht zunächst alle Unterereignisse zu erstellen und in die richtige Reihenfolge zu bringen, bevor er mit der Eingabe von Daten in die einzelnen Unterereignisse beginnt. Es wird also erst die Gesamtstruktur des Ereignisses modelliert und danach die Detailarbeit mit der Datenzuordnung erledigt. Die Folge der Unterereignisse deckt den Ereignisablauf meist lückenlos ab. Die verfügbaren Informationen werden dabei meist sehr präzise innerhalb des gesamten Ablaufs platziert. Dabei kommt es häufig zu bewussten doppelten Beschreibungen von Informationen bzw. Überlappung von Unterereignissen, die keinen Fehler darstellen, und seltener zum Wegfall von Daten. Hierbei spielt es keine Rolle, ob ein Ereignis schriftlich vorliegt oder aus dem Gedächtnis wiedergegeben werden soll. Damit ist klar, dass besonders hochgeübte Personen mit umfangreichem Hintergrundwissen zu diesem Typ gehören.

- Eingabetyp 1/C stellt eine Mischform aus den zuvor beschriebenen Eingabetypen dar. Bei diesem Typ wechseln sich die Vorgehensweise der Typen 1/A und 1/B unregelmäßig ab. Dieser Typ tritt besonders dann auf, wenn Personen, die mit der Erfassungsmethode vertraut sind, Ereignisse aus Bereichen abbilden, über die sie kein oder nur wenig Hintergrundwissen besitzen. Aber auch, wenn Ereignisinformationen nur bruchstückhaft verfügbar sind.

Aus der Beobachtung dieser verschiedenen Eingabetypen ergibt sich die Forderung, dass die Reihenfolge, in der Unterereignisse angelegt und Daten eingegeben werden, auf das Ergebnis keinen Einfluss haben darf und zudem beliebig sein sollte. Zu fördern wäre grundsätzlich der Typ 1/B, der zunächst die Ereignisstruktur erstellt und dann erst die Daten verteilt. Allerdings sollte auch die Flexibilität unterstützt werden, mit der Typ 1/C meist notgedrungen vorgeht. Es darf beispielsweise keine Probleme verursachen, früher erstellte Unterereignisse zu ergänzen, eingegebene Daten zu bearbeiten oder die gesamte Struktur der Unterereignisse zu ändern.

In Vorversuchen wurde weiter beobachtet, dass es auch bei der Reihenfolge, mit der die Komponenten des Mensch-Maschine-Systems beschrieben werden, unterschiedliche Vorgehensweisen gibt, die in zwei weitere Eingabetypen eingeteilt werden können:

- Eingabetyp 2/A geht von der Einzelinformation aus und sucht dann die dazu passende MMS-Komponente, um sie dort abzulegen. Dieser Eingabetyp verfolgt die Absicht, *nur* die ihm bekannten oder verfügbaren Informationen abzulegen. Fragen an das Ereignis, die sich erst durch die Beschreibung ergeben, werden eher ignoriert. Der Effekt der Rückfrage der Beschreibungsstruktur an das Ereignis kommt deshalb hier kaum zum Tragen. Die Motivation liegt darin, vorhandene Informationen abzubilden und nicht, ein Ereignis in hoher Qualität zu beschreiben. Der Wille zur vollständigen Beschreibung des MMS tritt bei diesem Typ in den Hintergrund. Typ 2/A will mit der Beschreibung zügig fertig werden.

- Eingabetyp 2/B wählt zuerst die MMS-Komponente und sucht dann nach Ereignisdaten, die zu dieser Komponente passen. Dieser Eingabetyp wird nach einer Einarbeitungsphase dazu neigen, die Komponenten immer wieder in einer ihm geeignet erscheinenden Reihenfolge abzuarbeiten. Kann er einer Komponente keine Daten zuordnen, versucht er diese zu beschaffen oder er sucht nach Beweisen, dass es dazu tatsächlich keine Daten gibt und hält dann diese Information fest. Die Motivation dieses Typs liegt eher darin, das MMS komplett zu beschreiben. Bei Typ 2/B wird der Gedanke von der Interaktion zwischen Modell und Realität voll entfaltet: *Das Modell fordert Information, welche die Realität dann liefern muss.*

Auch hier sollte die Vorgehensweise möglichst beliebig wählbar sein, wobei im Sinne einer tief gehenden Ereigniserfassung der Typ 2/B gefördert werden sollte.

3.4.2 Erstellung von Unterereignissen

Die eigentliche Unterteilung des Gesamtereignisses, also die zeitliche und personale Abgrenzung von Unterereignissen kann nur der berichtenden Person vorgenommen werden. Es wird hier nicht ausgeschlossen, dass dieser Vorgang zumindest teilweise auch von einer Rechnerlogik übernommen werden könnte. Allerdings müsste dazu dem Programm alle Informationen in einer Form vorliegen, in der es sie nach vorgegebenen Regeln diesbezüglich auswerten kann. Der Aufwand hierfür wird allerdings als sehr hoch eingeschätzt und aufgrund der Tatsache, dass die Daten ohnehin zunächst eingegeben werden müssten, wird auf die Umsetzung einer solchen elektronischen Auswertung zum gegenwärtigen Zeitpunkt verzichtet. Hier soll das Programm lediglich die berichtende Person dabei unterstützen, diese Abgrenzung gemäß der in den Abschnitten 3.3.1 und 3.3.2 aufgestellten Regeln durchzuführen. Es kann dazu auf die entsprechenden Regeln hinweisen, die Unterteilung einfach und variabel gestalten, sie teilweise auf Plausibilität zu prüfen, mögliche Fehler oder Lücken entdecken und die eingegebenen Daten in einer übersichtlichen Weise darstellen.

Für eine schnelle Identifikation von Unterereignissen werden Erkennungsmerkmale benötigt, die sie innerhalb der späteren Darstellung repräsentieren. Drei zentrale Kennzeichen eines Unterereignisses ergeben sich aus folgenden Fragen:

- Wer ist die Aktive Person?
- Wo ist das Unterereignis innerhalb des Ereignisablaufs zeitlich eingeordnet?
- Welchem allgemeinen Arbeitsprozess oder welcher Ereignisphase lässt sich das Unterereignis zuordnen?

Mit diesen drei Kennzeichen kann jedes Unterereignis innerhalb eines Ereignisablaufs einigermaßen eindeutig und leicht erschließbar gekennzeichnet werden. Diese Informationen sind damit geeignet für die überblickartige Darstellung aller Unterereignisse. Die „Aktive Person“ (der „Mensch“ im MMS) ist sicherlich eines der wichtigsten Merkmale, das für jedes Unterereignis eindeutig festgelegt sein muss. Gleichermaßen bedeutsam ist die Frage der chronologischen Einordnung eines Unterereignisses, da das gesamte Ereignis aus einer in Reihe ablaufenden Folge von Unterereignissen gebildet werden muss. Arbeitsprozesse werden üblicherweise in Phasen eingeteilt. In der Luftfahrt gibt es beispielsweise bei einem Flug die Phasen Start, Steigflug, Reiseflug usw.. Diese Bezeichnungen können verwendet werden, um die Zugehörigkeit von Unterereignissen zu bestimmten Phasen ausdrücken zu können. Natürlich hat jede Branche und jeder Arbeitsprozess eigenen Phasen. Für eine branchen- und prozessübergreifende Anwendung ist es deshalb notwendig, hier allgemeine Bezeichnungen zu finden. Dieses Problem der Begrifflichkeit wird noch in den Abschnitten zur Taxonomiebildung näher erläutert. Über diese drei Merkmale sollte sich die berichtende Person bereits bei der Erstellung eines Unterereignisses im Klaren sein. Um dies zu erzwingen, werden diese Merkmale deshalb gleich bei der Erstellung abgefragt und auf Konsistenz geprüft. Sowohl bei der Aktiven Person, als auch bei der Phase empfiehlt es sich, dass die berichtende Person einen passenden Begriff aus einer vorgegebenen Sammlung auswählen kann. Um die chronologische Einordnung zu erleichtern, erscheint es zweckmäßig, wenn dies in graphischer Form geschieht. Etwa in der Art, dass die bisherige Anordnung der Unterereignisse dargestellt wird und der Anwender nur an zulässigen Stellen in der Darstellung ein neues Unterereignis einfügen oder anhängen kann. Bei der geforderten seriellen Anordnung dürfen Unterereignisse nur zwischen bzw. vor oder nach anderen Unterereignissen platziert werden. Dabei muss jedoch die Möglichkeit bestehen, dass die Unterteilung und Strukturierung des Ereignisses zu jedem Zeitpunkt verändert werden kann.

Die Darstellung des Ereignisablaufs muss sich in jedem Fall an einer chronologischen Achse orientieren. Zur Verbesserung der Übersichtlichkeit können die Unterereignisse in der Darstellung nach weiteren Merkmalen sortiert werden, etwa nach Personen, Situationen, Orten oder Phasen. Bei der Realisierung der Methode ist zunächst eine Sortierung nach Personen vorgesehen, weil, wie bereits angesprochen, dem menschlichen Einfluss bei Ereignissen besondere Bedeutung zukommen soll.

3.4.3 Dateneingabe

Die Eingabe von Daten in die Unterereignisse muss hinsichtlich einer einfachen, zielsicheren und fehlerfreien Datenablage und einer übersichtlichen Darstellung der Daten unterstützt werden. Weiterhin muss die berichtende Person auch bei hoher Datenmenge den Überblick über ihre Eingaben behalten können. Dies zu gewährleisten, ist die Aufgabe von geeigneten Eingabeprozeduren und Darstellungsweisen. Bei der Dateneingabe muss jede Information an der passenden Stelle der Beschreibungsstruktur abgelegt werden. Gemäß der Allgemeingültigkeit des MMS muss es für jede Information immer einen solchen passenden Ort geben - er muss nur gefunden werden. Der Weg einer Information aus dem Wissen einer Person bis zu diesem Ort kann sinnbildlich mit einem Pfad durch eine Baumstruktur verglichen werden, bei dem diese Person sich an mehreren Verzweigungsknoten (Astgabelungen) für den richtigen Weiterweg (Zweig) entscheiden muss. Genau an diesen Entscheidungspunkten können Unterstützungsfunktionen einsetzen. Etwa indem zunächst alle Wahlmöglichkeiten aufgelistet und Entscheidungshilfen (Erklärungen und Beispiele) angegeben werden. Jede einzelne Information durchläuft maximal insgesamt sechs solcher Entscheidungsknoten: (1) Unterereignis, (2) MMS-Komponente(n), (3) Satzglied, (4) Satzgliedelement, (5) Begriff und (6) Bewertung des Wahrscheinlichkeitsgrades der Information, wie sicher sie bestimmt ist. An den Knotenpunkten für Satzglied und Satzgliedelement muss die Ereignisinformation meistens zusätzlich noch verteilt bzw. umgewandelt werden, um sie hinsichtlich Form und Inhalt an diese Ablageorte anzupassen (Objekt-Aktion-Problem-Umstand im Satz bzw. Begriff/Beschreibung im Satzglied). Das kann bedeuten, dass sich eine einzelne Information, wie beispielsweise ein kurzer Satz, nach der Einordnung an mehreren verschiedenen Stellen in der Beschreibungsstruktur aufgetrennt wiederfindet. Hinsichtlich einer zweckmäßigen Unterstützung an den Entscheidungspunkten ergeben sich folgende Kriterien:

- Bereits bestehende Unterereignisse müssen zügig und sicher identifiziert werden können.
- Der detaillierte Inhalt eines Unterereignisses muss schnell und übersichtlich abgefragt werden können.
- Die Komponenten des Mensch-Maschine-Systems müssen übersichtlich dargestellt werden. Erklärungen und Beispiele zu den Komponenten sollten einfach und verständlich mitgeliefert werden bzw. abfragbar sein („Zuordnungsratgeber“).
- Satzglieder und Satzgliedelement müssen zweckgemäß in zusammenhängender Form dargestellt werden, damit sie eine übersichtliche Eingabe ermöglichen. Erklärungen und Beispiele zu den Satzgliedern müssen ebenfalls bereitgestellt oder unkompliziert abrufbar sein.
- Die Liste der auswählbaren Begriffe bei den jeweils ersten Satzgliedelementen muss leicht aufgerufen und übersichtlich bzw. sortiert dargestellt sein. Der gewünschte Begriff muss unmittelbar daraus selektiert und übertragen werden können.
- Für die Begriffsbeschreibung muss ausreichend Platz zur Verfügung stehen.
- Wiederholte Eingaben, die zuweilen notwendig werden, wenn bestimmte Informationen in mehreren Unterereignissen vorkommen, sollten durch eine geeignete Kopierfunktion beschleunigt eingegeben werden können. Dadurch wird auch die Konsistenz von Daten erhöht, die zwar das Gleiche ausdrücken sollen, aber zu verschiedenen Zeitpunkten eingegeben wurden.
- Im Sinne der Förderung einer kompletten Eingabe muss die berichtende Person fortlaufend darüber informiert werden, zu welchen bzw. zu wie vielen Komponenten des Mensch-Maschine-Systems bereits Daten eingegeben wurden und um welche Daten es sich dabei handelt.
- Die Taxonomie sollte erweiterbar sein für den Fall, dass in der vorgegebenen Taxonomie zur Beschreibung der Satzglieder kein geeigneter Begriff enthalten ist. Dies kann durchaus eintreten, weil natürlich kaum alle notwendigen Begriffe zur verbalen Beschreibung von Arbeitssystemen von vornherein bereitgestellt werden können. Die Vorgabe von Begriffen gewährleistet jedoch eine einheitliche Grundbeschreibung. Insofern ist die Erweiterbarkeit der Taxonomie durch die berichtende Person

als kritisch zu bewerten. Ihr muss deshalb Sinn und Zweck der Taxonomie mitgeteilt werden, und sie sollte im Fall einer Taxonomieerweiterung auf die entsprechenden Regeln hingewiesen werden, insbesondere auf den Grundsatz „so viel zusätzliche Begriffe wie nötig und so wenig wie möglich“.

- Alle eingegebenen Daten sollten auf unkomplizierte Weise innerhalb der Baumstruktur bearbeitet, verschoben, ergänzt oder wieder entfernt werden können.

3.4.4 Fehlerkontrolle

Bei der Dateneingabe können zwei Fehlertypen auftreten: inhaltliche Mängel bei den Ereignisdaten und formale Fehler bei der Abbildung der Daten auf die Beschreibungsstruktur. Diese beiden Fehlerarten gilt es im Erfassungsprozess zu unterdrücken, wobei unterschiedliche Strategien angewandt werden müssen. Während Formfehler erst bei der Abbildung auftreten und damit schon ihre Entstehung verhindert werden kann, haben inhaltliche Mängel ihren Ursprung zumeist in der vorangegangenen Datenermittlung, d. h., diese Fehler existieren bereits und können bestenfalls aufgedeckt und korrigiert werden. Allerdings muss auch die Möglichkeit berücksichtigt werden, dass inhaltliche Fehler erst durch den Abbildungsprozess entstehen, wenn dabei etwa durch Aufspaltung und Transformierung Daten unvollständig oder verfälscht wiedergegeben werden. Da es sich hier aber fast ausschließlich um verbale qualitative Daten handelt, sind Entdeckung und Verhinderung von Fehlern nur in eingeschränktem Umfang möglich.

Um eine regelkonforme Abbildung zu erreichen, gibt es zwei Ansatzpunkte zur Fehlervermeidung. Einerseits kann die Eingabe der Daten so gestaltet werden, dass bestimmte Fehler von vorneherein unmöglich sind und andererseits kann die erzeugte Datenstruktur auf Fehler überprüft werden. Bei einer Abwägung dieser beiden Ansatzpunkte wird dem präventiven Vorgehen die höhere Priorität zugemessen, weil es als relativ schwieriger eingeschätzt wird, bei der qualitativen Beschreibung Fehler im Nachhinein zu entdecken. Inhaltliche Fehler können nur durch Überprüfung der eingegebenen Daten und ihrer Zusammenhänge erkannt werden. Insofern können die nachträgliche Kontrolle der Einhaltung der Beschreibungsstruktur und die inhaltliche Überprüfung zusammengefasst werden. Allerdings kann ein Computerprogramm eingegebene Daten nur dahingehend überprüfen, ob bestimmte Regeln und Bedingungen eingehalten wurden. Inhaltliche Informationen über Ereignisse können nicht vorab als Vergleichswert festgelegt werden. Richtigkeit und Vollständigkeit der Eingabedaten können deshalb nur indirekt erkannt und selten vollständig verhindert werden. Das indirekte Erkennen kann dadurch geschehen, dass die eingegebenen Daten in gewissem Umfang einer grundsätzlichen Plausibilitätskontrolle unterzogen werden, um ggf. klärende Hinweise zu geben oder Rückfragen zu stellen. Die Regeln, anhand derer Plausibilitätskontrollen durchgeführt werden, können aus den Regeln für die Beschreibungsstruktur, aus den Definitionen des Mensch-Maschine-Systems und aus Erfahrungswerten abgeleitet werden. Für das Fehlererkennungssystem ist deshalb vorgesehen, dass es während der Anwendung ständig weiterentwickelt wird.

<u>Beispiele für Fehler, die in Vorversuchen häufig auftraten und maschinell erkannt werden können:</u>

- *In Aufgabe und Handlung dürfen nicht die gleichen Probleme oder Umstände stehen. In diesem Fall ist von einer Verwechslung bei der Zuordnung der Daten zu den MMS-Komponenten auszugehen.*
- *Die Rolle der aktiven Person (Mensch) muss in jedem MMS eindeutig festgelegt sein. Nachträgliche Änderungen der aktiven Person müssen in jedem Fall hinterfragt werden.*
- *Jeder Person in einem MMS muss eine Aufgabe oder Absicht zugeordnet sein.*
- *Aufgabe, Handlung und Ergebnis muss grundsätzlich in jedem Unterereignis beschrieben sein, sonst ist auf Vollständigkeit zu hinterfragen.*
- *Handlungsfehler werden oftmals bereits fälschlicherweise als Fehler bei der Aufgabe beschrieben. Bei der Eingabe von Aufgabenfehlern ist deshalb, aufgrund der relativen Seltenheit, ein - optional abschaltbarer – Hinweis sinnvoll.*

- *Falsche Auswahl von Begriffen kann effektiv durch entsprechende Taxonomievorgaben verhindert werden, beispielsweise macht eine menschliche Handlung bei der Aktion des Arbeitsobjektes keinen Sinn.*
- *Wenn ein Unterereignis mit einem Problem in der Aufgabenstellung am Anfang der Unterereigniskette steht, sollte überprüft werden, ob es noch weitere Ereignisaspekte vor diesem Unterereignis gibt. Ist etwa eine Aufgabe falsch gestellt, so sollte geprüft werden, warum dies so ist bzw. wer die Aufgabe gestellt hat.*
- *Angegebene Kommunikationspartner, die selbst nicht als aktive Personen in anderen Unterereignissen vorkommen, sollten auf eine mögliche anderweitige Beteiligung am Ereignis überprüft werden.*
- *Unterereignisse, deren Ergebnis „teilweise falsch" ist, müssen eine Aufforderung zur weiteren Detaillierung auslösen, weil hier in der Regel eine zu lange Ereignissequenz zu einem Unterereignis zusammengefasst wurden.*
- *Versucht die berichtende Person beim Info-Eingang den Empfänger oder beim Info-Ausgang den Sender zu ändern, so deutet dies darauf hin, dass die Bedeutungen dieser MMS-Komponenten noch nicht ausreichend verstanden wurden.*
- *Das Rückmeldungsobjekt sollte dem System zugeordnet werden können, da es sich sonst auch um einen allgemeinen Informationssender handeln kann. Umgekehrt stellt der Informationssender nur in Ausnahmefällen ein Systemobjekt dar. Entsprechende Zuordnungen sind zu überprüfen.*
- *Zeitangaben in den einzelnen Unterereignissen müssen zu deren chronologischer Abfolge korrespondieren.*
- *Die Eingabe von neuen Taxonomiebegriffen hat sich als sehr problematisch erwiesen. Dieser Vorgang sollte grundsätzlich erklärend begleitet werden. Neu eingegebene Taxonomiebegriffe müssen auf Sinn- oder Sachverwandtschaft mit bereits vorhandenen Begriffen geprüft werden.*
- *Fehler bei Grammatik und Rechtschreibung können mit einem angeschlossenen Überprüfungsprogramm erkannt und korrigiert werden.*

3.4.5 Allgemeine Hilfefunktion und Dokumentation

Das Erfassungsprogramm muss eine Hilfefunktion besitzen, wie sie von gängigen kommerziellen Anwendungsprogrammen bekannt ist. Die Anwender/innen sollten zu jedem Zeitpunkt verständliche Informationen zum aktuellen Erfassungsschritt erhalten bzw. abrufen können. In dieser Hilfe sollte die gesamte Vorgehensweise der Ereigniserfassung, die Regeln und Vorgaben sowie deren Hintergründe schnell zugänglich dokumentiert sein. Gleichzeitig sollte es eine optionale objektorientierte Informationsfunktion geben, die automatisch Hinweise zu dem Beschreibungsschritt liefert, der als nächster getätigt werden soll. Voruntersuchungen hierzu haben ergeben, dass gerade ungeübte Personen während der Zuordnung einer Information zu einer MMS-Komponente, noch einmal die Beschreibungen der Komponenten durchlesen oder entsprechende Zuordnungsbeispiele anschauen wollen. Ein ebenfalls erhöhter Informationsbedarf bestand insbesondere bei der Bedeutung der Satzglieder in den einzelnen Komponenten.

3.4.6 Fazit

Auf der Basis der bis hierher behandelten, notwendigen Schritte und der möglichen Unterstützungsverfahren wird nun ein Computerprogramm entwickelt, das als methodisches Erfassungswerkzeug dienen soll. Allerdings wurde klar, dass es trotz aller technischen Möglichkeiten bislang nur ein *Werkzeug* bleiben wird. Ereigniserfassung steht und fällt mit der Motivation und den Fähigkeiten, welche die erfassende Person mit einbringt, und natürlich auch von der jeweiligen Datenlage des Ereignisses, das untersucht werden soll.

4. REALISIERUNG DES ERFASSUNGSWERKZEUGS

4.1 Allgemein

Ausgehend von dem formalen Ablauf, der für die Ereignisbeschreibung notwendig ist (siehe Abschnitt 3.3) und unter Berücksichtigung der Überlegungen hinsichtlich sinnvoller Unterstützungsfunktionen (siehe Abschnitt 3.4) wird die bislang theoretische Erfassungsmethode nun als rechnergestütztes Erfassungsprogramm realisiert. Mit dem Programm soll es sowohl ungeübten als auch erfahrenen Anwendern in praktikabler Weise möglich werden, Ereignisse in der geforderten Güte (siehe Abschnitt 2.2) auf die im Abschnitt 3.2 dargestellte Beschreibungsstruktur abzubilden. Die Software trägt den Arbeitsnamen EVEO und dient auch später bei den Untersuchungen in Kapitel 5 als Versuchswerkzeug.

Das Programm EVEO ist ein Hilfsmittel zur systemischen Erfassung und Dokumentation von Ereignissen, z. B. Unfälle oder Zwischenfälle, in beliebigen Arbeitsumgebungen. Es unterstützt die der Dokumentation vorausgehende Datenerhebung und stellt die Informationen anschließend für qualitative und quantitative Auswertungen bereit. Insbesondere können die Ereignisbeschreibungen direkt in das Analyseprogramm CAHR (STRÄTER, 1997) exportiert werden. EVEO wurde mit dem Ziel entwickelt, Ereignisdaten einheitlich, detailliert, umfassend und möglichst unabhängig von den subjektiven Einflüssen der berichtenden Person dokumentieren zu können. In EVEO werden nur die bei dem Ereignis aufgetretenen Fakten beschrieben. Eine Bewertung dieser Sachverhalte ist ausdrücklich nicht vorgesehen. Damit soll eine rein auftretensorientierte Vorgehensweise erzielt werden, die eine vergleichbare Darstellung solcher Ereignisse und insbesondere eine quantitative Ereignisanalyse auf detailliertem Niveau möglich macht. Bei der Ereigniserfassung wird die berichtende Person von EVEO unterstützt, das Gesamtereignis als eine rein serielle Verkettung von Unterereignissen zu strukturieren und diese anschließend mit Ereignisdaten zu füllen, wobei jedes Unterereignis ein so vollständig wie möglich beschriebenes Mensch-Maschine-System darstellt. EVEO besitzt für diesen Zweck zwei zentrale graphische Eingabeoberflächen: das Übersichtsfenster (Abbildung 4-1, mit vorstrukturiertem Ereignisablauf) und das Dateneingabefenster (Abbildung 4-2). Im Übersichtsfenster erfolgt die Unterteilung und Strukturierung des Ereignisses, im Dateneingabefenster werden die dabei erzeugten Unterereignisse mit den Informationen über das Ereignis gefüllt. Bei der Entwicklung der Oberfläche wurde Wert darauf gelegt, dass sie auch mit nur geringen Computerkenntnissen weitestgehend intuitiv bedient werden kann. Das Programm kann wahlweise mit deutscher oder englischer Bedienoberfläche aufgerufen werden, wobei sich die Beschreibung in den folgenden Abschnitten auf die deutschsprachige Version beschränkt. EVEO wurde mit der Programmiersprache VISUAL BASIC von MICROSOFT entwickelt und ist in WINDOWS-Umgebungen lauffähig. Nachfolgend wird eine Übersicht über das Programm gegeben. Zunächst werden die beiden wesentlichen Eingabefenster und die Grundzüge der Taxonomien vorgestellt. Danach wird der Eingabeablauf aufgezeigt und abschließend die Unterstützungsfunktionen behandelt.

4.1.1 Übersichtsfenster

Im Übersichtsfenster werden die Unterereignisse generiert und angeordnet. Ein Ereignis kann auch aus nur einem einzigen Unterereignis bestehen, falls dies zur Beschreibung ausreicht. In diesem Fall entspricht dann dieses eine Unterereignis dem Gesamtereignis. Jedes Unterereignis wird durch eine „Aktive Person“ und eine „Kategorie“ gekennzeichnet. Die „Aktive Person“ stellt das beauftragte bzw. agierende Subjekt dar und ist entweder eine Person oder Personengruppe. Falls sich keine solche Person bestimmen lässt, kann als Ausnahmefall auch ein System oder ein Gegenstand die Rolle des Subjekts einnehmen. Die „Kategorie“ gibt einen Hinweis auf die Position des Unterereignisses im Gesamtablauf und bezieht sich auf die jeweilige Phase im Arbeits- oder Ereignisablauf, dem das Unterereignis zugeordnet werden kann. Beispiele für die Kategorien sind etwa „Vorgeschichte“, „Störung“, „Erkennen“, „Interpretieren“, „Gegenmaßnahme“ und „Nachbereitung“ hinsichtlich des Störungsablaufs oder „Vorbereitung“, „Wartung“, „Planung“, „Durchführung“ und „Ergebniskontrolle“ in Bezug auf den Arbeitsablauf. Im Übersichtsfenster können die Unterereignisse entsprechend den Beschreibungsregeln erzeugt, bearbeitet, verschoben oder wieder gelöscht werden. Jedes Kästchen repräsentiert ein einzelnes Unterereignis bzw. MMS. Der darin enthaltene Text wird vom Programm generiert und informiert in Telegrammstil über dessen Inhalt. Das kennzeichnende Stichwort ist jeweils in der ersten Zeile enthalten. Eine farbliche Kodierung zeigt im jeweiligen Unterereignis an, bei wie vielen der maximal zehn Kom-

ponenten des MMS bereits Daten hinterlegt worden sind. Diese Rückmeldung dient dazu, der berichtenden Person einen schnellen Überblick über die formale Vollständigkeit der Unterereignisse zu verschaffen. Die vertikale Anordnung und Nummerierung der Unterereignisse orientiert sich an deren chronologischem Auftreten. Die Abfolge der Unterereignisse ist grundsätzlich seriell, die Vorgehensweise bei zeitlich parallelen Unterereignissen ist im Abschnitt 3.3.2 beschrieben. Auf der oberen horizontalen Achse sind die Aktiven Personen bzw. die handelnden Subjekte oder Akteure aufgetragen. In jeder Spalte sind jeweils die Unterereignisse enthalten, in denen die darüber stehende Person die aktive Rolle eingenommen hat.

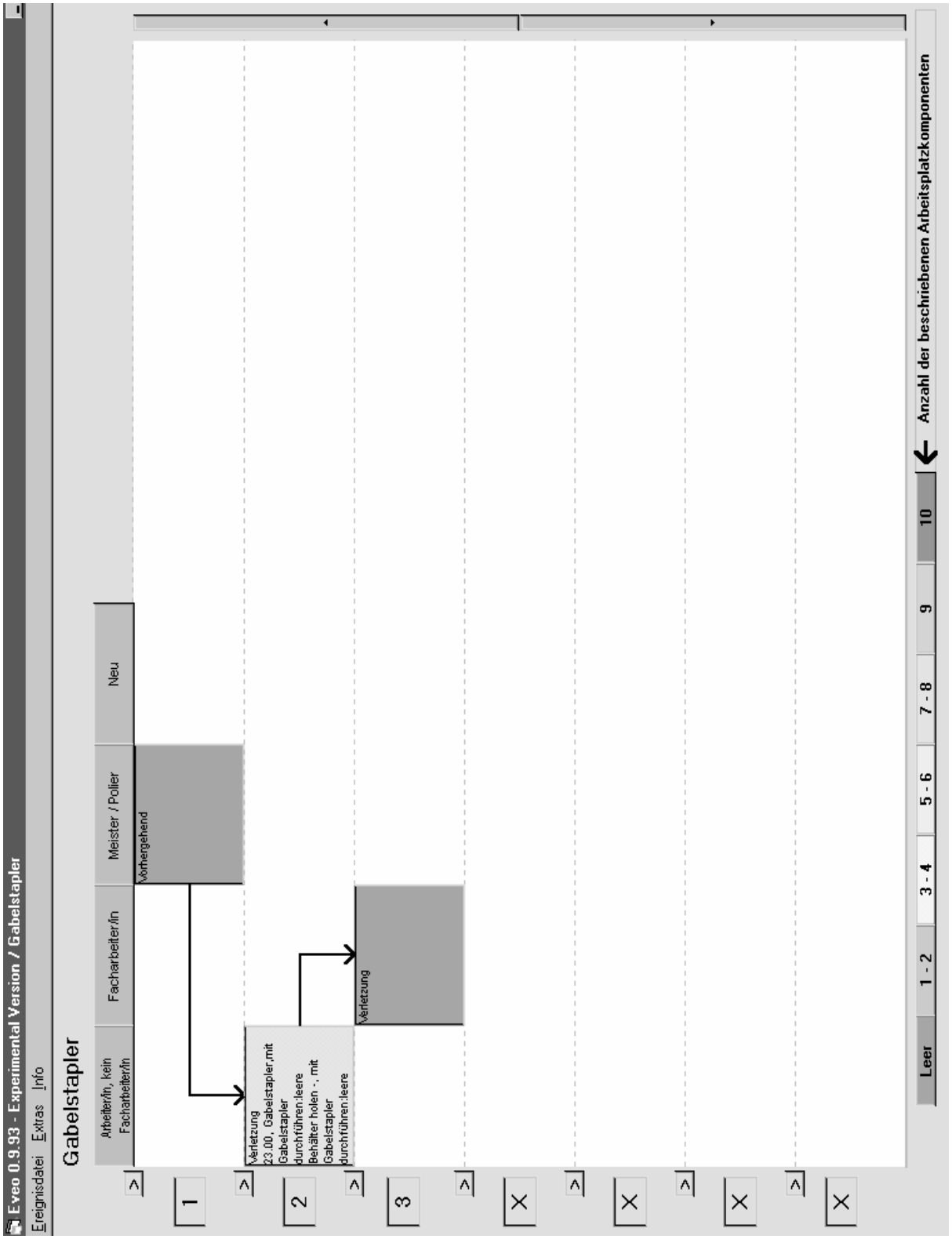


Abbildung 4-1: Übersichtsfenster des Versuchswerkzeugs mit Ereignisstruktur

Im Fensterrahmen ganz oben links wird die Nummer der verwendeten EVEO-Version angezeigt. Darunter befinden sich die Menüpunkte „Ereignisdatei“, „Extras“ und „Info“. Unter „Ereignisdatei“ kann das aktuelle Ereignis gespeichert oder gedruckt werden. Ebenso kann ein neues Ereignis angelegt, ein bereits bestehendes Ereignis geladen oder das Programm wieder beendet werden. Im Menü „Extras“ finden sich die „Optionen“, in denen sich diverse Programmeinstellungen vornehmen lassen. Über den Menüpunkt „Info“ angewählt, erscheinen allgemeine Informationen über die verwendete Programmversion. Unterhalb der Menüzeile wird der Name des Ereignisses (hier: „Gabelstapler“) angezeigt. Darunter befindet sich die eigentliche Ereignisstruktur. Besteht ein Ereignis aus mehr als sieben Unterereignissen, erlauben es die Auf/Ab-Tastenfelder, die sich am rechten Rand befinden, sich durch die Struktur zu bewegen. Pfeile zwischen den Unterereignissen sollen den Ereignisverlauf symbolisieren. Am unteren Rand ist eine Legende mit der Bedeutung der Farben der Unterereignis-Kästchen dargestellt. Aufgrund der seriellen Anordnung befindet sich in jeder Zeile nur jeweils ein Unterereignis. Durch einen Mausklick auf eine der Tasten, die mit Bezeichnungen der Personen versehen sind, kann ein neues Unterereignis mit dieser Aktiven Person an die Kette angefügt werden. Über die Pfeiltasten, die sich an den linksseitigen Enden der Zeilentrennlinien befinden, können neue Unterereignisse an den jeweiligen Positionen eingefügt werden. Die Kästchen, die die einzelnen Unterereignisse repräsentieren, enthalten stichwortartig Informationen über den Inhalt des Unterereignisses, die automatisch generiert werden. Wird der Mauszeiger auf ein Kästchen bewegt, kann durch Drücken und Halten der linken Maustaste in der Regel eine vollständige Ansicht der zugehörigen Daten in einer Baumstruktur aufgerufen werden. Nach dem Loslassen der linken Maustaste werden die Detaildaten ausgeblendet und man befindet sich wieder im Übersichtsfenster. Wird auf einem Unterereignis die rechte Maustaste gedrückt, erscheint ein Pop-Up-Menü, das folgende Optionen anbietet: „Unterereignis verschieben“, „Aktive Person des Unterereignisses ändern“, „Aktive Person der Spalte ändern“, „Kategorie ändern“ und „Unterereignis löschen“. Mit Hilfe dieser Möglichkeiten kann die Struktur des Ereignisses zu jedem beliebigen Zeitpunkt bearbeitet werden. Das Beispielereignis „Gabelstapler“ in Abbildung 4-1 enthält eine relativ einfache Struktur, bestehend aus drei Unterereignissen. Dabei waren ein „Meister/Polier“ an einem vorhergehenden Ereignisaspekt beteiligt. Im zweiten Unterereignis hat sich ein/e „Arbeiter/in“ und im dritten ein/e „Facharbeiter/in“ verletzt. In der dargestellten Struktur sind nur im zweiten Unterereignis Daten abgelegt, erkennbar an der Kurzinformation, die in dem Kästchen enthalten ist. Die Unterereignisse 1 und 3 sind nur als leere Boxen angelegt und lediglich mit „Kategorie“ und „Aktive Person“ versehen.

4.1.2 Dateneingabefenster

Ein Doppelklick mit der Maus auf ein Kästchen im Übersichtsfenster öffnet das zu diesem Unterereignis gehörende Dateneingabefenster, siehe Abbildung 4-2. Dieses Fenster gliedert sich in drei Bereiche. In der linken Hälfte werden die eingegebenen Daten in Form einer Baumstruktur dargestellt. In der obersten Zeile ist die Nummer des Unterereignisses, die zugehörige Kategorie und die Aktive Person angegeben. Die nächste Astgeneration des Baumes stellt die Komponenten des Mensch-Maschine-Systems dar. Jeder Ast entspricht genau einem Satz der Beschreibungsstruktur. Sätze, die sich nur in ihren Umständen unterscheiden, werden zusammengefasst dargestellt, bleiben aber innerhalb der Struktur dennoch eigenständig. Dies tritt immer dann auf, wenn ein einzelnes Problem von mehreren Umständen begleitet wurde. In diesem Fall werden alle Umstände einfach an das gemeinsame Problem angehängt. Wird der Mauszeiger in die Baumansicht hineinbewegt, so wird der Darstellungsbereich automatisch vergrößert und umgekehrt beim Verlassen wieder zurückgesetzt. Die Breite des Baumfensters kann auch manuell über die oben mittig angebrachten Pfeiltasten in zwei Stufen verändert werden. Reicht dagegen die Anzeigehöhe des Baumfensters nicht aus, so kann man sich mit Hilfe des Verschiebebalkens an der rechten Seite des Fensters vertikal durch die Eingaben bewegen. Analog ist dies auch mit dem unteren horizontalen Balken über die Breite möglich. Mit den Pfeiltasten unterhalb der Baumdarstellung kann die Verästelungstiefe der Baumstruktur variiert werden. Alternativ ist über die [Liste]-Taste die Darstellung der Eingabedaten in einfacher Listenform möglich. In der Baumstruktur kann durch einen rechten Mausklick auf jeden Datensatz ein Pop-Up-Menü aufgerufen werden. In diesem stehen die Bearbeitungsmöglichkeiten: „Ast bearbeiten“, „Ast verschieben“, „Umstand hinzufügen“, „Baumstruktur komprimieren“, „Baumstruktur expandieren“, „Listenansicht“, „Ast entfernen“, „Alles kopieren“ (zur Bearbeitung bzw. zur Ansicht der Sätze) zur Verfügung. Bei Sätzen mit mehreren Umständen kann die Selektion eines bestimmten Satzes per Mausklick nur anhand des Umstände-Astes

erfolgen. In der oberen rechten Hälfte befindet sich ein symbolisch dargestelltes Mensch-Maschine-System als Arbeitsplatzmodell, auf dessen zehn Komponenten die Ereignisinformationen übertragen werden müssen. Ein Mausklick auf eine der Komponenten öffnet die zugehörige Eingabemaske, welche die Daten dann aufnimmt. Wird eine der Komponenten per Mausklick angewählt, wechselt der Schriftstil der Bezeichnung von normal auf fett. Werden zu der Komponente Daten eingegeben, passt sich die Farbe der Taste bzw. des Feldes der Farbe des Hintergrunds an. Auf diese Weise ist an dem Arbeitsplatzmodell sofort ersichtlich, welche Komponente gerade aktiv ist und welche Komponenten

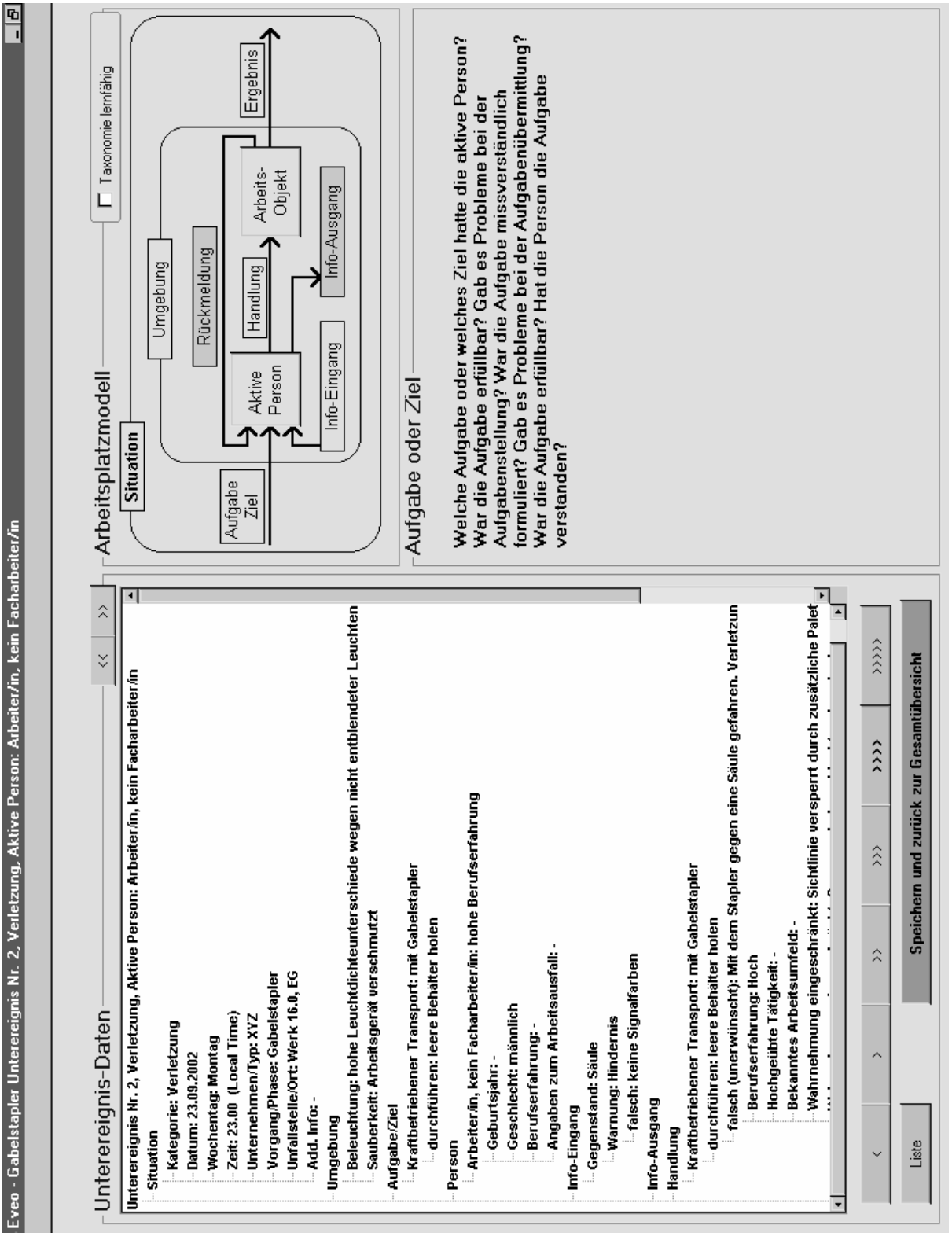


Abbildung 4-2: Dateneingabefenster für ein Unterereignis

bereits mit Daten hinterlegt sind, d. h., wie formal vollständig die Beschreibung des Unterereignisses bisher beschrieben ist. Eine MMS-Komponente kann alternativ zum Arbeitsplatzmodell auch durch einen Mausklick auf die entsprechende MMS-Bezeichnung auf einem Ast in der Baumstruktur ausgewählt werden. Das Fenster im unteren Bereich der rechten Hälfte enthält entweder eine Beschreibung über die MMS-Komponente, auf der sich gerade der Mauszeiger befindet, bzw. die zur Dateneingabe ausgewählt wurde, oder der Bereich wird für Änderungen von bereits eingegebenen Daten verwendet. Die zu den Komponenten gehörenden Eingabemasken werden im Abschnitt 4.3 einzeln beschrieben. Über die Taste [SPEICHERN UND ZURÜCK ZUR GESAMTANSICHT] links unten gelangt man wieder zurück zum Übersichtsfenster. Dabei wird gleichzeitig auch der aktuelle Beschreibungsstand gespeichert.

4.2 Programmeinstieg

Nach dem Start des Programms und der Eingabe des Passworts wird der Benutzer zunächst mit einigen Programminformationen und Nutzungsbedingungen konfrontiert. Diese besagen im Wesentlichen, dass das Programm am LEHRSTUHL FÜR ERGONOMIE der TU MÜNCHEN entwickelt wurde und zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur zu wissenschaftlichen und nichtkommerziellen Zwecken verwendet werden darf. Außerdem wird jede Veränderung oder Zurückentwicklung des Programms untersagt und die Haftung für Schäden infolge der Nutzung des Programms ausgeschlossen. Nur wenn diese Bedingungen akzeptiert werden, lässt sich das Programm fortsetzen. In diesem Fall erscheint das Begrüßungsfenster und bietet drei Optionen zur Fortsetzung des Programms an:

1. Ein neues Ereignis anlegen.
2. Ein gespeichertes Ereignis zur Ansicht oder Bearbeitung öffnen.
3. Das Programm verlassen.

Wird die Taste [NEUES EREIGNIS] angeklickt, muss zunächst ein Name für das neue Ereignis angegeben werden. Unter diesem Namen wird für das Ereignis eine Datenbankdatei erstellt, die jeweils eine Tabelle in EVEO- und CAHR-Struktur enthält. Die Strukturen von EVEO und CAHR sind nicht identisch. EVEO generiert bei jedem Speichervorgang automatisch eine entsprechende CAHR-Datentabelle. Ein Import von Daten von CAHR nach EVEO ist bislang nicht möglich. Die Datenbank wird wahlweise in den Formaten ACCESS 97 oder ACCESS 2000 von MICROSOFT erstellt. Welches der beiden Formate verwendet werden soll, muss nach Eingabe des Namens im nächsten Dialogfenster bestimmt werden. Andere oder zukünftige Datenbankformate lassen sich bei Bedarf problemlos ergänzen.

Bei der Namensvergabe gibt es eine Einschränkung: Ereignisse mit dem Namen „Test“ - möglich sind auch die Schreibweisen „test“ oder „TEST“ - werden bei einer wiederholten Verwendung automatisch überschrieben. Mit dieser Vorgabe wird der Programmtest vereinfacht, weil sich solche Testdateien erfahrungsgemäß schnell anhäufen. Wird ein anderer, bereits vergebener Name verwendet, so erfolgt eine Warnmeldung.

Nachdem die Ereignisdatei angelegt wurde, muss eine spezifische Begriffsthematik bestimmt werden. EVEO bietet ab der Version 0.9.x vier Taxonomien zur Auswahl an: „Luftfahrt“, „Arbeitssicherheit“, „Kernenergie“ und „Eigene Taxonomie“. Diese Liste kann bei Bedarf beliebig erweitert werden. Die Taxonomien enthalten Begriffsvorschläge, die bei der späteren Dateneingabe verwendet werden können. Durch die Verwendung von vorgegebenen Begriffen soll die Einheitlichkeit der Ereignisbeschreibung gefördert werden. Die „Eigene Taxonomie“ enthält im Ausgangszustand noch keine Begriffe und kann zum Zwecke der Programmerprobung mit eigenen Begriffen gefüllt werden.

Wird mit der Auswahl einer Taxonomie der Programmablauf fortgesetzt, erscheint das Übersichtsfenster. Durch einen Mausklick auf die Taste [NEU] beginnt die Erstellung des ersten Unterereignisses damit, dass sich das Fenster [NEUES UNTEREREIGNIS BESTIMMEN] öffnet, siehe Abbildung 4-3. In diesem Fenster wird auf der linken Seite die „Aktive Person“ des neu zu bildenden Mensch-Maschine-Systems festgelegt. Dazu steht ein Auswahllistenfeld zur Verfügung, in dem bereits Personenbezeichnungen in alphabetischer Reihenfolge vorgeschlagen werden. Bei den in der Abbildung 4-3 zur Auswahl stehenden Personen handelt es sich um Begriffe aus der Fliegerei, weil zuvor die Taxonomie „Luftfahrt“ ausgewählt wurde. Es können hier auch eigene Personenbezeichnungen eingetragen werden. Diese werden dann automatisch mit in die Auswahlliste aufgenommen. Die doppelte Vergabe eines Personennamens ist weder notwendig noch zulässig. Eine einmal festgelegte „Aktive Person“ kann in verschiedenen Unterereignissen auftreten, wird aber nur einmal als Spalte im Übersichtsfenster angelegt. Der Versuch, einen Namen doppelt zu vergeben, erzeugt eine Fehlermeldung. Auf der rechten Seite muss aus

den angegebenen Vorschlägen eine Kategorie ausgewählt werden, die das Unterereignis in den Ereignisablauf einordnet. Auch hier handelt es sich um Kategorien aus dem Bereich der Luftfahrt. Die Kategorien können bei Bedarf an spezifische Begrifflichkeiten angepasst werden. Grundsätzlich muss bei jeder Anlage eines neuen Unterereignisses eine aktive Person und eine Kategorie festgelegt werden. Mit der Taste [ZURÜCK] kann der Vorgang abgebrochen werden. Nach erfolgreicher Auswahl von Person und Kategorie geht es mit der Taste [WEITER] wieder zurück zur Ereignisübersicht, in der nun ein rot eingefärbtes Kästchen das neu angelegte Unterereignis repräsentiert, siehe Abbildung 4-4. In der Taste über der Spalte des Kästchens steht die Bezeichnung der aktiven Person („Pilot“). Am linken Rand der Zeile befindet sich die laufende Nummer des Unterereignisses („1“) und in der ersten Zeile des Kästchens ist die Kategorie aufgeführt („Störung“). Nachdem ein Unterereignis angelegt ist, hat die berichtende Person zwei Möglichkeiten mit der Eingabe fortzufahren. Sie kann nun entweder damit beginnen, Daten in das neue Unterereignis einzugeben, oder mit der Erzeugung weiterer Unterereignisse die Strukturierung des Gesamtereignisses fortsetzen.

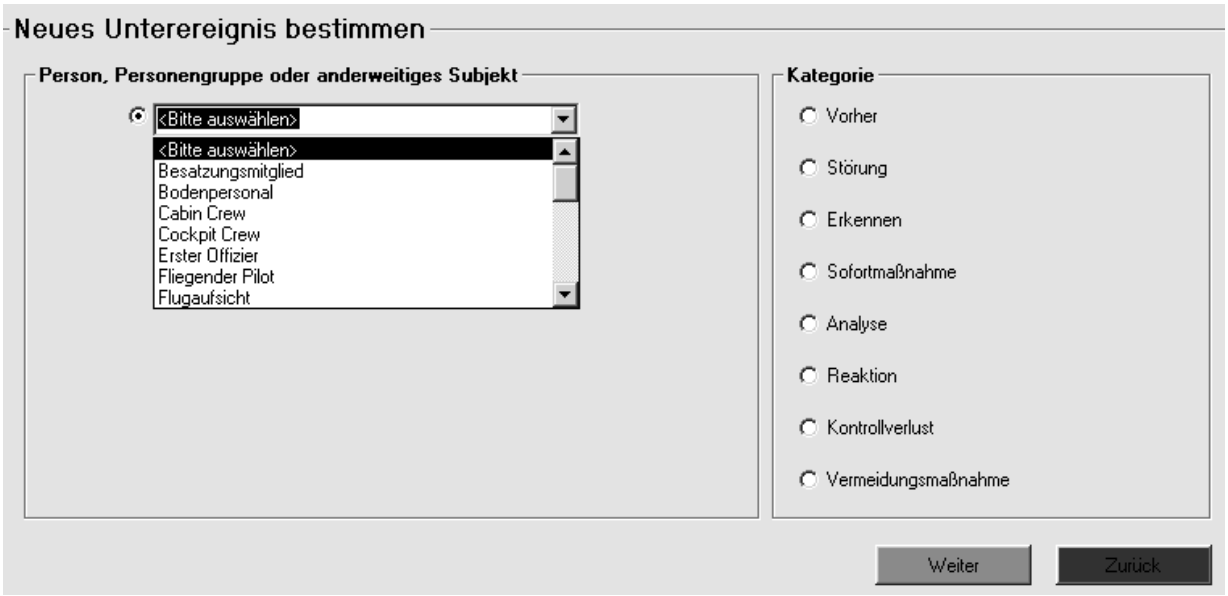


Abbildung 4-3: Eingabe von „Aktiver Person“ und „Kategorie“ für ein neues Unterereignis

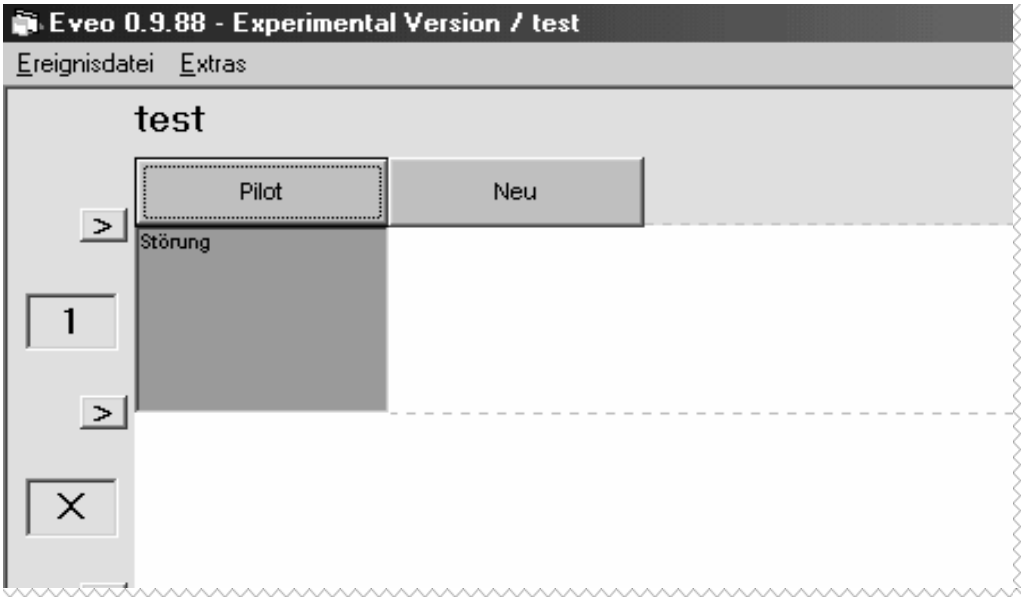


Abbildung 4-4: Ein Kästchen symbolisiert das neu angelegte Unterereignis im Ereignisübersichtsfenster (Ausschnitt)

Durch Wiederholung der zuvor beschriebenen Vorgehensweise können nun beliebig viele Unterereignisse erzeugt werden. Werden mehr als sieben Unterereignisse generiert, besteht die Möglichkeit sich mit den [AUF/AB]-Tasten, die sich rechts neben der Ereignisstruktur befinden, durch den Ereignisablauf zu bewegen. (In Abbildung 4-5 sind diese Tasten aus Darstellungsgründen nicht enthalten.) In der Programmversion 0.9.x ist die Festlegung von bis zu acht verschiedenen aktiven Personen möglich. In Abbildung 4-5 ist beispielhaft eine Ereignisstruktur dargestellt, in der die erstellten Unterereignisse, außer den Angaben zur „Aktiven Person“ und der „Kategorie“, noch keine Ereignisdaten enthalten. Dieses Beispiel veranschaulicht auch, wie ein Ereignisablauf in Unterereignisse unterteilt und entsprechend der zeitlichen Abfolge und der aktiven Personen strukturiert werden kann. Das Gesamtereignis ist in sieben Unterereignisse untergliedert, an denen fünf verschiedene Aktive Personen bzw. Personengruppen beteiligt sind. Mit „Cockpit Crew“ werden der Kapitän und sein Erster Offizier als gemeinsam agierende Gruppe bezeichnet, obwohl beide bereits auch schon als Einzelpersonen vorkommen. Eine solche differenzierte Darstellung kann notwendig werden, wenn beispielsweise nur ein gemeinsames, nicht trennbares Handeln mehrerer Personen als Gruppeneinheit vorliegt. Der beispielhafte Verlauf in Abbildung 4-5 stellt dar, dass es unter Beteiligung von Wartungspersonal zu einem vorhergehenden ersten Unterereignis kam. Dieses kann zum Beispiel ein bei der Wartung übersehener technischer Defekt sein, der eine latente Gefahr für den späteren Flug darstellt. Während der Aktivität des Kapitäns kommt es im zweiten Unterereignis zu einer Störung, die jedoch erst im dritten Unterereignis vom Ersten Offizier erkannt wird. Der Kapitän reagiert darauf mit einer Sofortmaßnahme im vierten Unterereignis, um Zeit für eine gemeinsame Ursachenanalyse mit seinem Ersten Offizier zu schaffen, die dann im

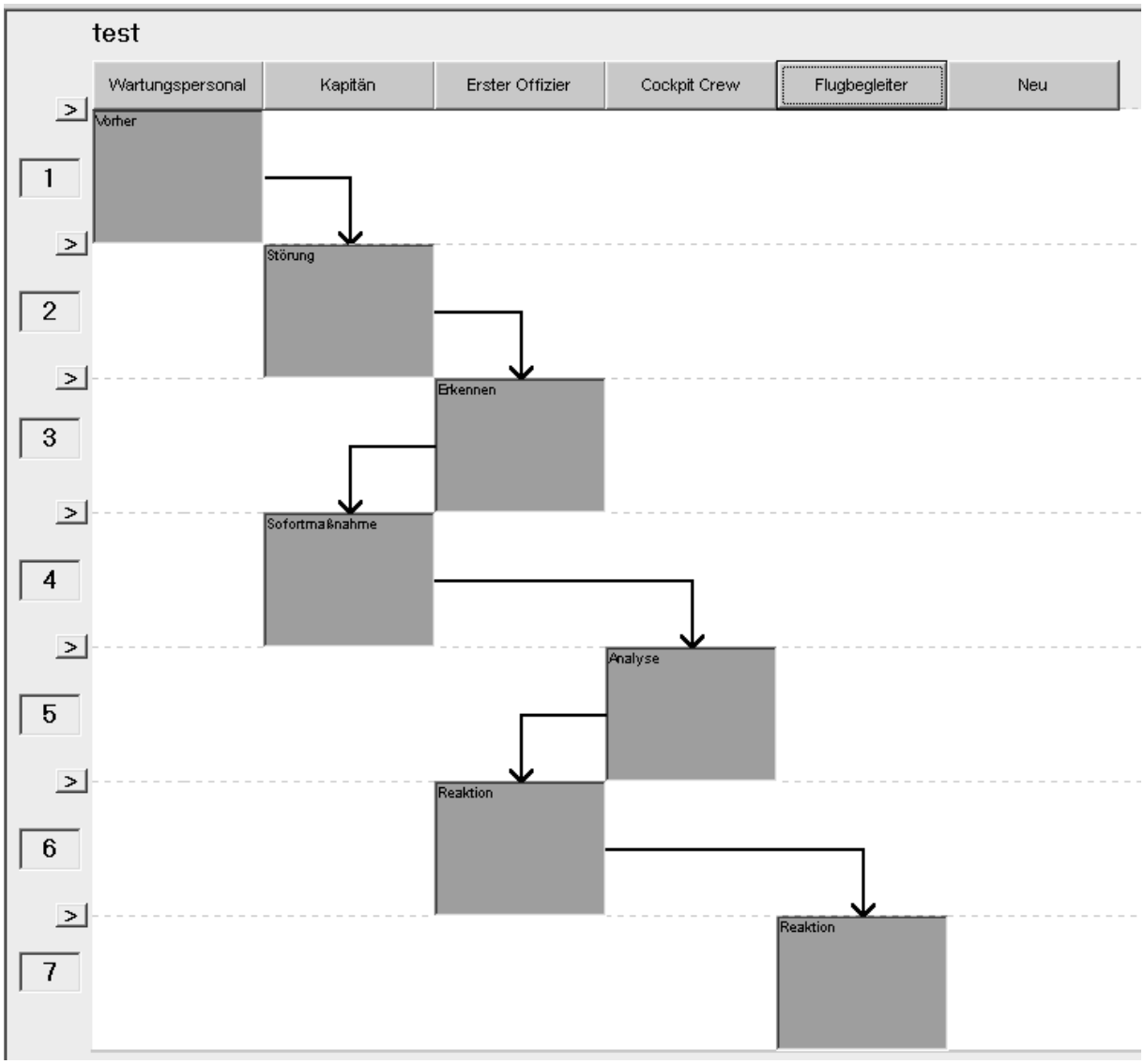


Abbildung 4-5: Übersichtsfenster mit vorbereiteter Ereignisstruktur

fünften Unterereignis beschrieben wird. Die Analyse führt im sechsten Unterereignis zu einer Reaktion, die der Erste Offizier durchführt. Anschließend tauchen im siebten Unterereignis die Flugbegleiter als Aktive Personengruppe auf, beispielsweise wie sie Passagiere aus einem notgelandeten Flugzeug evakuieren. Das Beispiel veranschaulicht insbesondere, wie einzelne Aktive Personen in mehreren Unterereignissen auftreten können und wie diese chronologisch geordnet sind.

Eine erzeugte Ereignisstruktur kann innerhalb des Programms zu jedem Zeitpunkt bearbeitet oder wieder verändert werden. Dabei spielt es keine Rolle, ob zu einem Unterereignis schon Daten eingegeben wurden oder nicht. Der einfachste Fall ist das Anhängen eines neuen Unterereignisses an die bestehende Ereigniskette. Hierzu muss nur die entsprechende Taste in der Leiste mit den aktiven Personen angeklickt werden. Um ein neues Unterereignis an eine bestimmte Position vor, zwischen oder nach den Unterereignissen einzufügen, genügt ein Mausklick auf eine der [>]-Tasten, die sich jeweils am linken Ende der gestrichelten Trennlinien zwischen den Zeilen befinden. Weitere Bearbeitungsfunktionen stehen bereit, wenn auf die rechte Maustaste geklickt wird, sobald sich der Mauszeiger auf einem der Kästchen befindet:

- *Unterereignis verschieben*: Zum „Verschieben“ eines Unterereignisses muss mit der linken Maustaste auf ein weiteres Unterereignis geklickt werden, das sich in der Zeile befindet, in die das aktuelle Unterereignis verschoben werden soll. Das Unterereignis in der Zielzeile rückt dabei um eine Position nach unten bzw. zeitlich nach vorn und macht dem einzufügenden Unterereignis Platz, das dann allerdings der ursprünglichen Spalte zugeordnet wird.
- *Person des Unterereignisses ändern*: Mit diesem Menüpunkt kann die „Aktive Person“ des ausgewählten Unterereignisses geändert werden. Das Unterereignis kann einer anderen, bereits bestimmten Person zugeordnet werden oder eine neue Personenbezeichnung erhalten.
- *Person der Spalte ändern*: Diese Auswahlmöglichkeit ändert die Bezeichnung der Aktiven Person für die gesamte Spalte, in der sich das ausgewählte Unterereignis befindet. Auch hier kann die Spalte einer der bereits vorhandenen Personbezeichnungen oder einer neuen Person zugeordnet werden.
- *Kategorie ändern*: Mit dieser Option kann die Kategorie des ausgewählten Unterereignisses geändert werden.
- *Unterereignis löschen*: Nach Auswahl dieser Option und einer zweiten Bestätigung zur Sicherheit, wird das ausgewählte Unterereignis aus der Ereignisstruktur endgültig entfernt.

4.3 Eingabemasken

Durch einen Doppelklick auf eines der Unterereignis-Kästchen im Übersichtsfenster öffnet sich das Dateneingabefenster, in dem die zu diesem Unterereignis gehörenden Daten abgelegt werden, siehe Abbildung 4-2. Die Auswahl einer der Komponenten des Mensch-Maschine-Systems (MMS) kann über das Arbeitsplatzmodell erfolgen, das oben rechts im Übersichtsfenster dargestellt ist, siehe Abbildung 4-6. Prinzipiell kann jede beliebige Arbeitssituation kann auf diesem Modell übertragen werden, das den Mensch-Maschine-Regelkreis in vereinfachter Form darstellt. Das Arbeitsplatzmodell besteht aus den zehn Komponenten des MMS, die in Form von Feldern und Tasten dargestellt und entsprechend der Regellogik mit Pfeilen verbunden sind. Im Zentrum des Arbeitsplatzmodells steht der Mensch als „Aktive Person“, der eine „Aufgabe“ zu erfüllen hat oder eine Absicht bzw. ein Ziel verfolgt. Dazu muss die „Aktive Person“ ggf. mit einem „Arbeitsmittel“ an einem „Arbeitsobjekt“ eine „Handlung“ vornehmen, um das „Ergebnis“ zu erreichen. Über die Auswirkung ihrer „Handlung“ kann die „Aktive Person“ in bestimmten Fällen eine „Rückmeldung“ vom „Arbeitsobjekt“ oder vom „Arbeitsmittel“ erhalten. Zudem besitzt die „Aktive Person“ einen „Eingang“ und einen „Ausgang“ für alle anderen „Informationen“ (außer Rückmeldungen), über die sie mit ihrer „Umgebung“ bzw. Umwelt kommuniziert. Die Aufgabenerfüllung erfolgt unter den Gegebenheiten des Arbeitsumfelds und der Arbeitsbedingungen, die als „Umgebung“ bezeichnet werden. Der gesamte Arbeitsprozess ist wiederum in den allgemeinen formalen Rahmen der (Arbeits-) „Situation“ eingebettet.

Wird der Mauszeiger auf eine der Tasten bewegt, erscheint in dem darunter liegenden Info-Feld eine kurze Beschreibung dieser Komponente. Auf diese Weise können sich ungeübte Anwender einen Überblick über die Bedeutung des MMS und seiner Komponenten verschaffen. Wird eine Komponente angeklickt, öffnet sich die zugehörige Eingabemaske in der linken Hälfte des Eingabefensters und die Komponentenbezeichnung im Arbeitsplatzmodell wechselt in einen fetten Schriftstil. Enthält eine

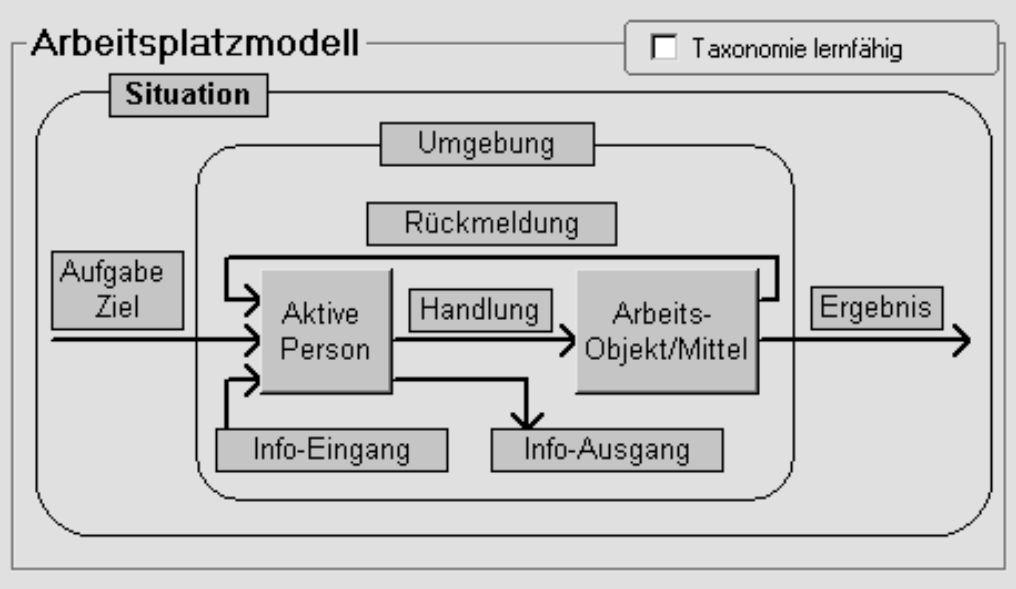


Abbildung 4-6: Das Arbeitsplatzmodell im Eingabefenster

Komponente noch keine Daten, hebt sich die Taste bzw. das Feld durch einen dunkleren Grauton vom Hintergrund ab. Sobald Daten zugeordnet sind, nimmt die Komponente die gleiche Farbe wie der Hintergrund an und tritt damit optisch zurück. Auf diese Weise kann die berichtende Person am Arbeitsplatzmodell erkennen, zu welchen Komponenten sie bereits Daten eingegeben hat und welche noch unbearbeitet sind. Hierdurch wird indirekt die inhaltliche Vollständigkeit verbessert, indem durch die Anzeige unbearbeiteter Komponenten, zur formalen Vollständigkeit aufgefordert wird. Der Benutzer sieht bestehende Lücken und wird dazu angehalten, diese entweder zu schließen oder wenigstens zu hinterfragen.

Ein Mausklick auf eine der Komponenten öffnet die zugehörige Eingabemaske, die dann an Stelle der Baumstruktur in der linken Hälfte des Dateneingabefensters angezeigt wird. Die Komponenten können in beliebiger Reihenfolge abgearbeitet werden. Es besteht für die Anwender aber auch die Möglichkeit, einer Programmvorgabe zu folgen. Alternativ zu Arbeitsplatzmodell können die Eingabemasken auch durch Anklicken der Komponentenbezeichnungen in der Baumstruktur geöffnet werden. Die Rückmeldungen durch das Arbeitsplatzmodell erfolgen dabei in gleicher Weise. Bis auf die drei Eingabemasken von „Situation“, „Umgebung“ und „Aktive Person“ besitzen alle Komponenten eine gleichartig strukturierte Maske, die für eine satzweise Eingabe von Ereignisdaten ausgelegt ist. In diesen Masken sind die vier Satzglieder „Objekt“, „Aktion“, „Problem“ und „Umstände“ untereinander dargestellt und die beiden Elemente der Glieder „Begriff“ und „Beschreibung“ nebeneinander angeordnet. Der Begriff kann aus einem Auswahllistenfeld selektiert werden, für die Beschreibung steht jeweils ein Eingabefeld zur Verfügung. Immer am Ende eines Satzes kann angegeben werden, ob die beschriebene Information als „sicher“, „vermutlich“ oder „möglich“ eingestuft wird.

Diese sieben dynamischen Komponenten besitzen eine „Datenkopierfunktion“, mit der zuvor eingegebene Daten in der aktuellen Maske angezeigt und ganz bzw. teilweise übernommen werden können. Hierbei kann zusätzlich unterschieden werden, ob nur Eingaben aus der gleichnamigen Komponente oder alle früheren Eingaben - mit Ausnahme der drei zuvor genannten statischen Komponenten – aufgerufen werden sollen. Dabei kann man über Pfeiltasten durch die Datensätze vor- und zurückblättern. Diese Unterstützungsfunktion erleichtert manchmal notwendige Wiederholungen und sorgt andererseits dafür, dass gleiche Sachverhalte bei dem aktuellen Ereignis auch in gleicher Form beschrieben werden.

Die Taxonomie kann im Arbeitsplatzmodell wahlweise als „fest“ oder „lernfähig“ eingestellt werden. Das Programm muss auf Ereignisse in beliebigen Arbeitssituationen angewandt werden können. Dadurch kann es vorkommen, dass die vorgegebene Taxonomie nicht ausreicht und neue Begriffe hinzugefügt werden müssen. Hierbei sollte aber der Grundsatz: „So viel wie nötig, so wenig wie möglich“ beherzigt werden. Mit der Lernfunktion können sehr leicht neue Fachbereiche oder Arbeitsumgebungen erarbeitet werden. Begriffe zur Beschreibung der Komponente „Aktive Person“ sind

erfahrungsgemäß auch auf andere Arbeitsbereiche übertragbar. Dagegen müssen Begriffe zur Beschreibung der Systemseite in der Regel stärker an die jeweiligen Gegebenheiten angepasst werden. Diese Begriffssammlung erfolgt direkt bei der Ereigniseingabe. Je mehr Ereignisse bereits erfasst wurden, desto häufiger sollten bereits vorhandene Begriffe wiederverwendet werden können. In regelmäßigen Abständen ist die Begriffssammlung auf ihre Anwendbarkeit zu überprüfen. Begriffe die nur selten verwendet werden, können vielleicht zu speziell sein und sollten dann durch eine allgemeinere Beschreibung ersetzt werden. Dagegen sind Begriffe, die wegen ihres zu weit gefassten Bedeutungsumfangs sehr häufig vorkommen, stärker zu präzisieren oder zu differenzieren. Von besonderer Wichtigkeit sind dabei die Begriffe zur Beschreibung der beitragenden Umstände eines Ereignisses. Diese liefern letztendlich Auskunft darüber, warum es zu den Unfällen kam und wo systematische Häufungen auftraten. Dieser Teil der Taxonomie sollte deshalb mit besonderer Sorgfalt ausgewählt, verwendet und überprüft werden. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt enthält das Versuchswerkzeug Taxonomien zu drei Fachbereichen: Arbeitsschutz, Kernkrafttechnik und Luftfahrt. Die Taxonomie für den Bereich Kernkrafttechnik wurden für die Zwecke dieser Arbeit in dankenswerter Weise von STRÄTER zur Verfügung gestellt. Die Taxonomien der Bereiche Luftfahrt und Arbeitsschutz wurden in Vorversuchen mit dem Erfassungsprogramm erarbeitet. Hierbei sind insbesondere die Arbeiten von VIDAL (2001) und STEUDTER (2002) zu nennen, die auf diesen Gebieten empirische Versuche durchgeführt haben.

In der nun folgenden Vorstellung der einzelnen Eingabemasken werden Daten aus einem kurzen beispielhaften Unterereignis aus dem Flugbereich eingegeben:

> *Unterereignis „Fahrwerksdefekt“:*
>
> *Am 15.12.01 um 19.23 hebt ein Verkehrsflugzeug vom Typ X123 vom Flughafen Stuttgart ab. Es herrscht leichtes Schneetreiben. Der Erste Offizier (Flugerfahrung 4000 h) hat in der Rolle des „Nicht fliegenden Piloten“ die Aufgabe das Fahrwerk einzufahren, nachdem eine positive Steigrate erreicht wurde. Er betätigt dazu den Fahrwerkshebel. Das Fahrwerk fährt wegen eines technischen Defekts nicht vollständig ein. Dem Offizier fällt auf, dass die typischen Verriegelungsgeräusche nicht zu hören sind. Außerdem zeigen ihm Kontrolllichter an, dass das Fahrwerk nicht ordnungsgemäß eingefahren ist. Er teilt dieses Problem seinem Kapitän mit. [...]*

Diese Ereignissequenz stammt aus einem Luftfahrtereignis, das in ähnlicher Form auch im Hauptversuch verwendet wird.

4.3.1 Situation

In der MMS-Komponente „Situation“ werden die allgemeinen formalen Angaben über das Unterereignis abgelegt, siehe Abbildung 4-7. Sie lassen sich aus folgenden drei W-Fragen ableiten:

- Wann? → Datum, Wochentag, Zeit, Dauer
- Wo? → Ort, Branche, Unternehmen
- Wobei? → Vorgang, Phase, Kategorie

Die Kategorie des Unterereignisses wurde bereits bei der Erzeugung des Unterereignisses festgelegt und kann in dieser Maske nicht mehr verändert werden, was an der grauen Hinterlegung des Eingabefeldes erkennbar ist. Eine Änderung der Kategorie ist jedoch im Übersichtsfenster möglich. Bei der Zeitangabe ist jeweils der Beginn und die Dauer des Unterereignisses maßgeblich. Die Uhrzeit kann entweder als Ortszeit oder, falls branchenspezifisch gebräuchlich, in weltweit einheitlicher UTC-(Universal Time Coordinated)-Zeit angegeben werden. In den Auswahlfeldern zu „Unternehmen/Typ“, „Vorgang/Phase“ und „Unfallstelle/Ort“ sind Begriffe aus der Taxonomie hinterlegt. Das Feld „Zusätzliche Angaben“ steht für weitere Informationen über die Situation zur Verfügung, die bspw. zuvor nicht explizit abgefragt wurden, aber trotzdem der allgemeinen formalen Beschreibung der Arbeitssituation dienen. Alle Bezeichnungen können grundsätzlich leicht an variierende Gegebenheit angepasst werden. In Abbildung 4-7 sind die Daten eingegeben, die aus obigem Beispielereignis stammen.

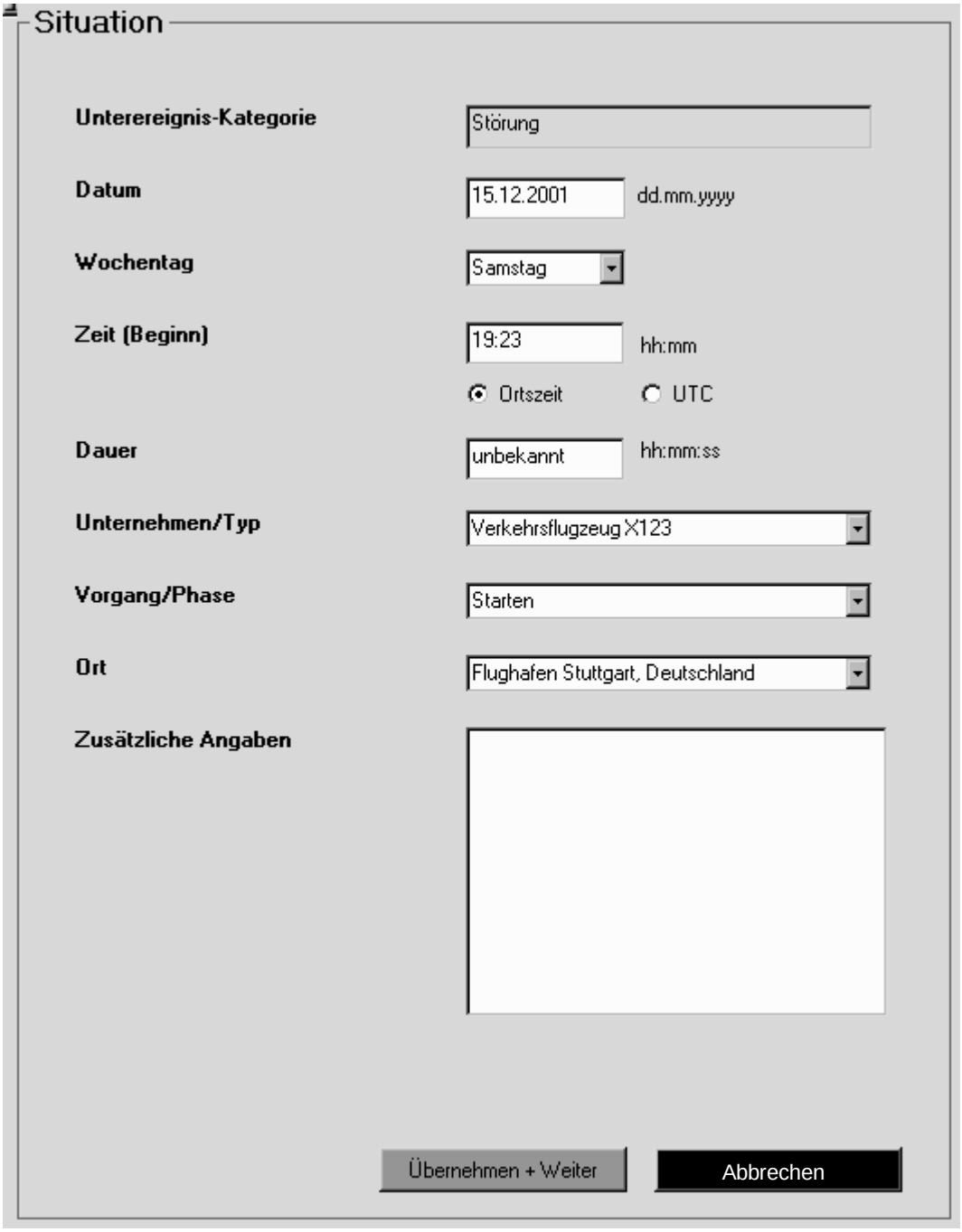


Abbildung 4-7: Die Eingabemaske der MMS-Komponente „Situation“

4.3.2 Umgebung

In diese Maske werden die allgemeinen Umgebungsbedingungen eingetragen, unter denen das Ereignis stattgefunden hat. Die Komponente „Umgebung“ enthält eine Auswahl grundsätzlicher Umgebungsfaktoren, die je nach branchenspezifischen Gegebenheiten auch abgeändert werden können. In der Vorauswahl werden im ganzheitlichen Sinne natürliche, technische, ergonomische, individuelle, soziale, organisatorische und managementbezogene Gesichtspunkte angeboten, siehe Abbildung 4-8. Unter diesen Stichpunkten werden vornehmlich solche Bedingungen eingetragen werden, die sich durch einen übergreifenden Charakter kennzeichnen und für den gesamten Zeitraum des Unterereignisses gültig sind. Bedingungen, die keine solche allgemeine Bedeutung besitzen, die zum Beispiel nur speziell für eine einzelne Komponente innerhalb des MMS gelten, sollten eher direkt in den Umständen (im 4. Satzglied) der jeweiligen Komponente beschrieben werden. Das Beispiel aus der Luftfahrt liefert drei Umgebungsbedingungen. Aus Datum und Uhrzeit lässt sich ableiten, dass das Ereignis bei Dunkelheit, also unter

Nachtflugbedingungen stattfand. Beim Start laufen die Triebwerke auf Maximalleistung und verursachen eine entsprechende Lärm- und Vibrationsbelastung im Cockpit. Hinzu kommen noch die Wetterverhältnisse in Form von leichtem Schneetreiben. Auch hier sollen die Auswahl und die Vorgabe weiterer möglicher Umgebungsbedingungen die berichtende Person dazu motivieren, das Ereignis hinsichtlich dieser Faktoren vertiefend zu hinterfragen.

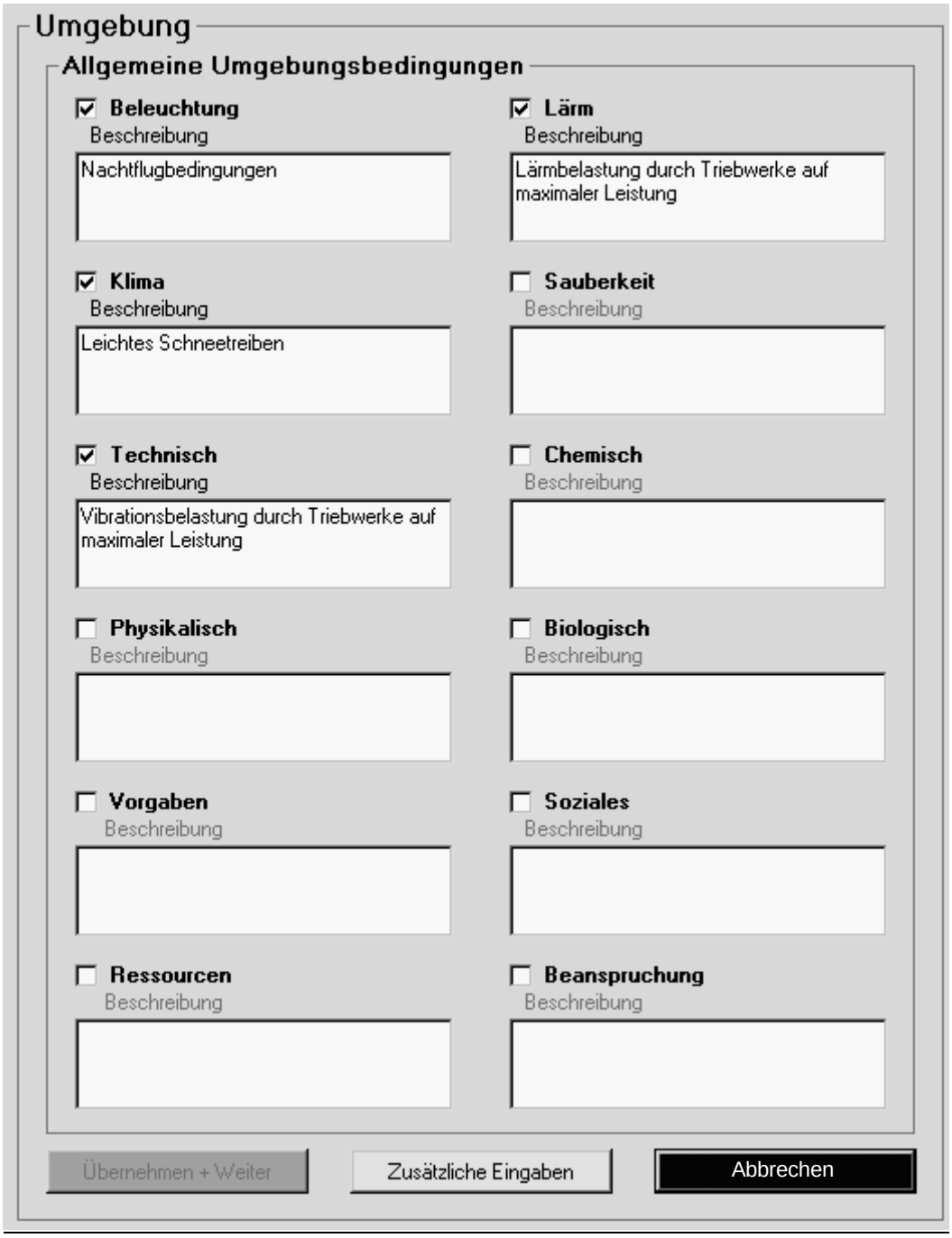


Abbildung 4-8: Die Eingabemaske der MMS-Komponente „Umgebungen“

4.3.3 Aufgabe / Ziel

In der Maske dieser Komponente wird die Aufgabe beschrieben, welche die Aktive Person erfüllen soll. Diese kann auch ein Ziel sein, das sich die Aktive Person vielleicht selbst vorgenommen hat. Die Aufgabenbeschreibung besteht aus einem statischen Objekt und einer dynamischen Handlung. Ist die Aufgabenstellung, deren Übermittlung oder ihr Verstehen fehlerhaft, bzw. ist das Ziel falsch oder beruht es beispielsweise auf fehlerhaften Grundlagen, so sind diese Probleme und deren Umstände nachfolgend

zu beschreiben. Schwierigkeiten, die erst bei der *Erfüllung* der Aufgabe auftreten, sind *nicht* in dieser Komponente zu beschreiben. Weil erfahrungsgemäß ungeübte Anwender öfters Handlungsfehler fälschlicherweise hier als Aufgabenfehler eingetragen haben, erfolgt in dieser Maske ein automatischer Warnhinweis, sobald ein Problem bei der Aufgabe eintragen werden soll. Grundsätzlich sollte jedes Unterereignis eine einleitende Aufgabe enthalten. Hierdurch wird festgelegt, was die Aktive Person zu Beginn des Zeitfensters tun soll oder will. Zusammen mit der Handlung, die darlegt was die Aktive Person in der Folge tatsächlich getan hat, kann dann im „Ergebnis“ ein Soll-Ist-Vergleich erfolgen. Im obigen Beispiel hat der Erste Offizier die Aufgabe, das Fahrwerk zu „bedienen“, indem er es bei Erreichen einer positiven Steigrate einfährt. Die Begriffe „Fahrwerk“ und „bedienen“ wurden aus der vorgegebenen Taxonomie ausgewählt. Der eventuell besser passendere Begriff „einfahren“ ist wegen seiner mehrfachen Bedeutung nicht in der Taxonomie enthalten. Da es hinsichtlich dieser Aufgabe laut Beschreibung keine Probleme gibt, bleiben die übrigen Felder leer, siehe Abbildung 4-9.

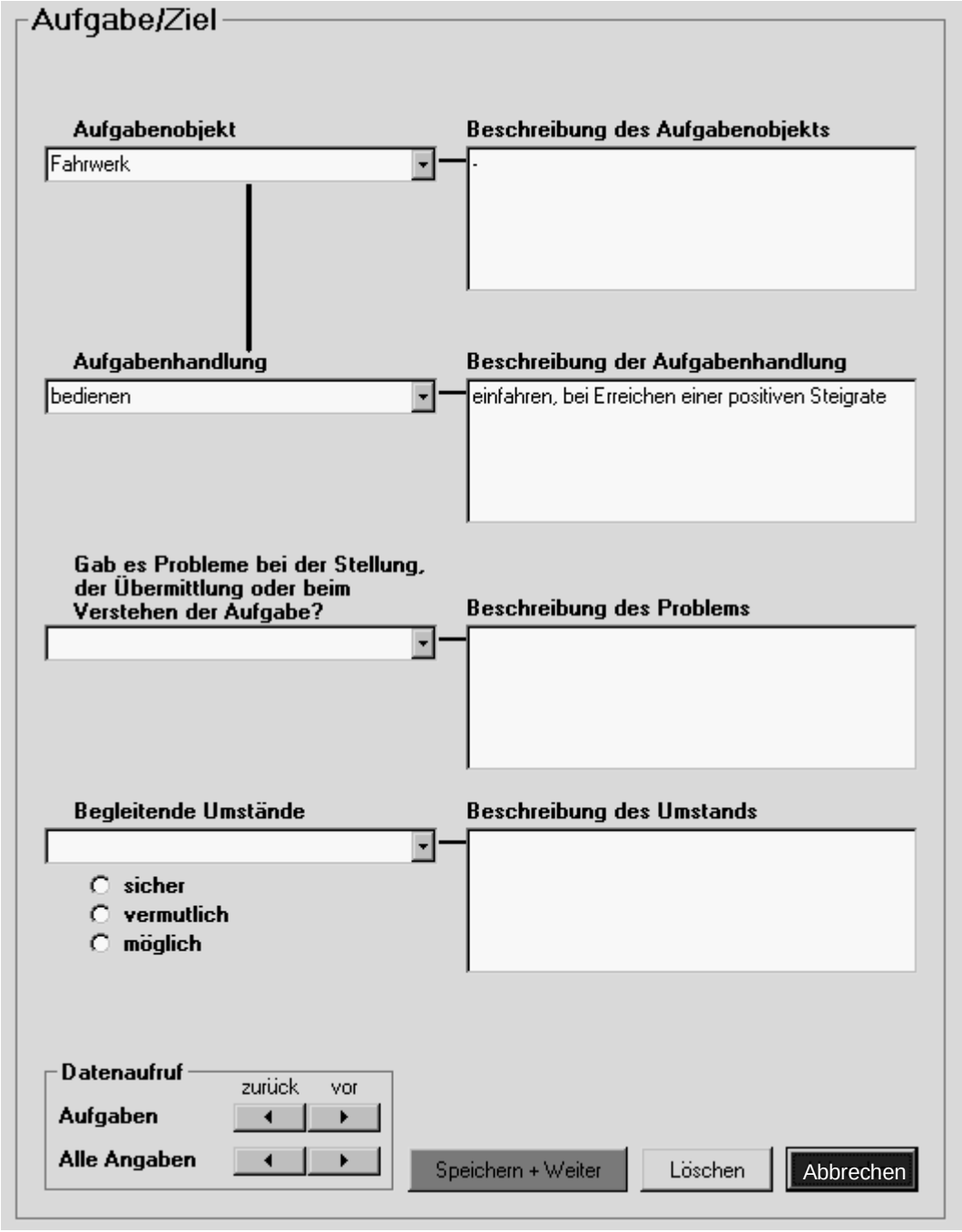


Abbildung 4-9: Die Eingabemaske der MMS-Komponente „Aufgabe/Ziel“

4.3.4 Aktive Person

Die Aktive Person ist ausschließlich diejenige Person, Personengruppe oder Organisationseinheit, der die Aufgabe gestellt ist oder die ein bestimmtes Ziel verfolgt. Als Sonderfall kann auch ein System oder ein Gegenstand als Aktive Person angegeben werden, wenn zum Beispiel dargestellt werden soll, wie ein Arbeitsobjekt (als „Subjekt“) mit einem anderen interagiert. Allerdings muss vor einer solchen Zuordnung geprüft werden, ob dies tatsächlich unumgänglich ist. Die Eingabemaske nimmt all die Informationen auf, die der Aktive Person direkt zugeordnet werden können und die weitestgehend auch unabhängig vom Eintritt des Ereignisgeschehens Bestand haben. Dazu gehören beispielsweise persönliche Daten, Angaben zur Fachkunde, Berufserfahrung oder die Beschreibung der aktuellen persönlichen Rolle im Ereignisablauf. Aus pragmatischen Gründen, die sich insbesondere aus den Gegebenheiten in der Arbeitssicherheit ableiten lassen, können hier auch die aus dem Unterereignisgeschehen entstandenen persönlichen Folgen für die Aktive Person abgelegt werden. Der Umfang der abgefragten Informationen kann angepasst und erweitert werden. Die genaue Bezeichnung der Aktiven Person (hier: „Erster Offizier“) wurde bereits beim Anlegen des Unterereignisses bestimmt und kann in dieser Maske nicht mehr verändert werden. Eine Änderung der Bezeichnung bzw. Zuordnung ist nur im Übersichtsfenster möglich. In Abbildung 4-10 ist beispielartig die Eingabemaske der Aktiven Person mit den Informationen dargestellt, die das Beispiel liefert. Die Aktive Person ist hier der Erste Offizier in der Rolle des Nichtfliegenden Piloten. Das Geburtsjahr des Ersten Offiziers ist unbekannt, sein Geschlecht ist männlich und er besitzt eine Flugerfahrung von 4000 Stunden. Angaben zu Arbeitsausfällen liegen nicht vor.

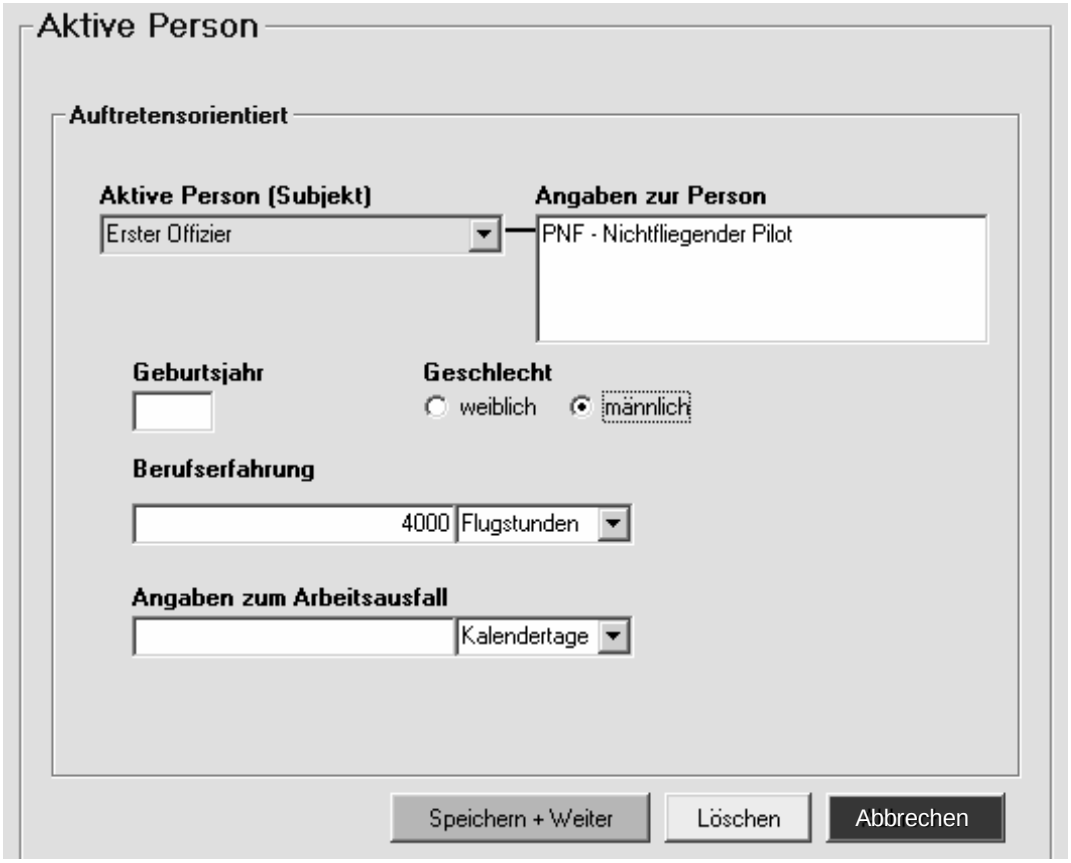


Abbildung 4-10: Eingabemaske der MMS-Komponente „Aktive Person“

4.3.5 Handlung

Zu dieser Komponente gehören zunächst alle Handlungen, die von der Aktiven Person unternommen werden, um die vorgegebene Aufgabe zu erfüllen oder das beabsichtigte Ziel zu erreichen. Weiter gehören dazu auch alle übrigen Handlungen, die zwischen Stellung und Erledigung bzw. Abbruch der Aufgabe liegen, selbst wenn nicht erkennbar ist, welchem Zweck sie dienten. Obwohl nicht explizit gefordert, kann auch das Verhalten einer Person in dieser Komponente beschrieben werden. Handlungen und Verhalten geben indirekt Aufschluss über die Entscheidungsprozesse und die daraus resultierenden

Entscheidungen der Aktiven Person. Insofern spielen auch unterlassene oder alternative Handlungen eine Rolle und sollten mit angegeben werden. Die auftretensorientierte Beschreibung der Handlung besteht gemäß der Satzstruktur aus den statischen Arbeitsobjekten bzw. Arbeitsmitteln und den dynamischen Aktionen. Ein Problem bei der Handlung tritt dann auf, wenn die tatsächliche Handlung in einem nicht tolerierbaren Maß von der Normhandlung abweicht. Über die Art der Abweichung wird angegeben, ob die beschriebene Handlung völlig falsch, fehlerhaft (teilweise falsch), unterlassen oder nicht möglich war. Schließlich wird noch angegeben, unter welchen Umständen diese Handlung durchgeführt wurde bzw. es zu diesem Verhalten kam. Das Subjekt der Handlung muss in jedem Fall die Aktive Person des aktuellen Unterereignisses sein. Im Beispiel bedient der Erste Offizier entsprechend seiner Aufgabe den Fahrwerkshebel, um die Fahrwerke einzufahren. Sofern die Aufgabe bereits beschrieben wurde, werden bei aktivierter Kopierfunktion diese Daten schon von der letzten zuvor eingegebenen Aufgabe in die korrespondierenden Felder einkopiert, siehe Abbildung 4-11. Die Handlung bei diesem Beispiel war völlig richtig, weshalb hier auch keine Probleme angegeben sind. Das fehlerhafte Einfahren des Fahrwerks hat in der Denkweise des Mensch-Maschine-Systems noch nichts mit der Handlung zu tun, sondern wird erst später beim Arbeitsobjekt, bei der Rückmeldung und beim Ergebnis beschrieben.

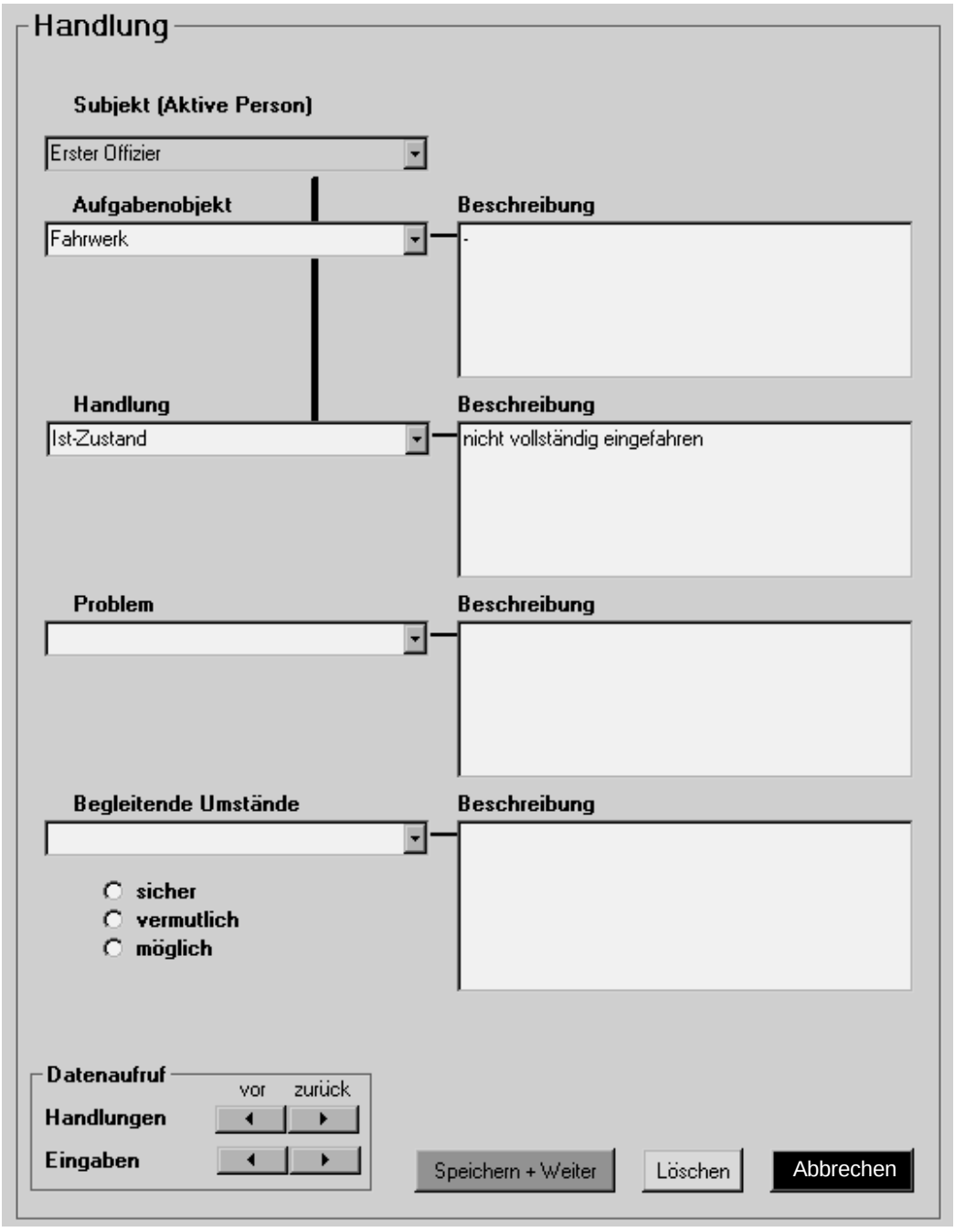


Abbildung 4-11: Eingabemaske der MMS-Komponente „Handlung“

4.3.6 Arbeitsobjekt/-mittel

Die Eingabemaske der Komponente „Arbeitsobjekt/-mittel“ nimmt alle Informationen zu den Dingen auf, mit oder an denen gearbeitet wird, um das Handlungsziel zu erreichen oder die Aufgabe zu erfüllen. Hierin wird das Arbeitsobjekt bzw. –mittel benannt und seine Aktionen beschrieben. Bei der Aktion kann es sich – im Gegensatz zu den Tätigkeiten einer Person, die aber hier nicht gefragt sind – um einen automatisch ablaufenden Prozess, um ein technisches Verhalten oder um einen Zustand handeln, den beispielsweise ein System oder ein Gegenstand einnimmt. Unter „Problem“ wird die Abweichung vom Ist- zum Soll-Verhalten dargelegt und in den „Umständen“ die Bedingungen aufgezählt, unter denen es zu der Abweichung kam. Bei der Beschreibung der Umstände ist es allgemein wichtig, dass diesbezüglich nicht nur Auffälligkeiten und Besonderheiten notiert werden, sondern auch scheinbar Belangloses oder Alltägliches, sofern dies mit angemessenem Aufwand möglich ist. Erfahrungsgemäß unterstützt der systemische Ansatz diese Vorgehensweise. Im Beispiel ist das Arbeitsobjekt das „Fahrwerk“, das sich in einem unerwünschten Zustand (Aktion) befindet. Das Fahrwerk sollte eingefahren und verriegelt sein, aber es *ist* nur teilweise eingefahren. Dabei spielte zwar der Umstand eine Rolle, dass eine innere Störung in Form eines technischen Defekts vorliegt. Ein ursächlicher Zusammenhang zwischen Umstand und Problem wird hierbei aber nicht hergestellt.

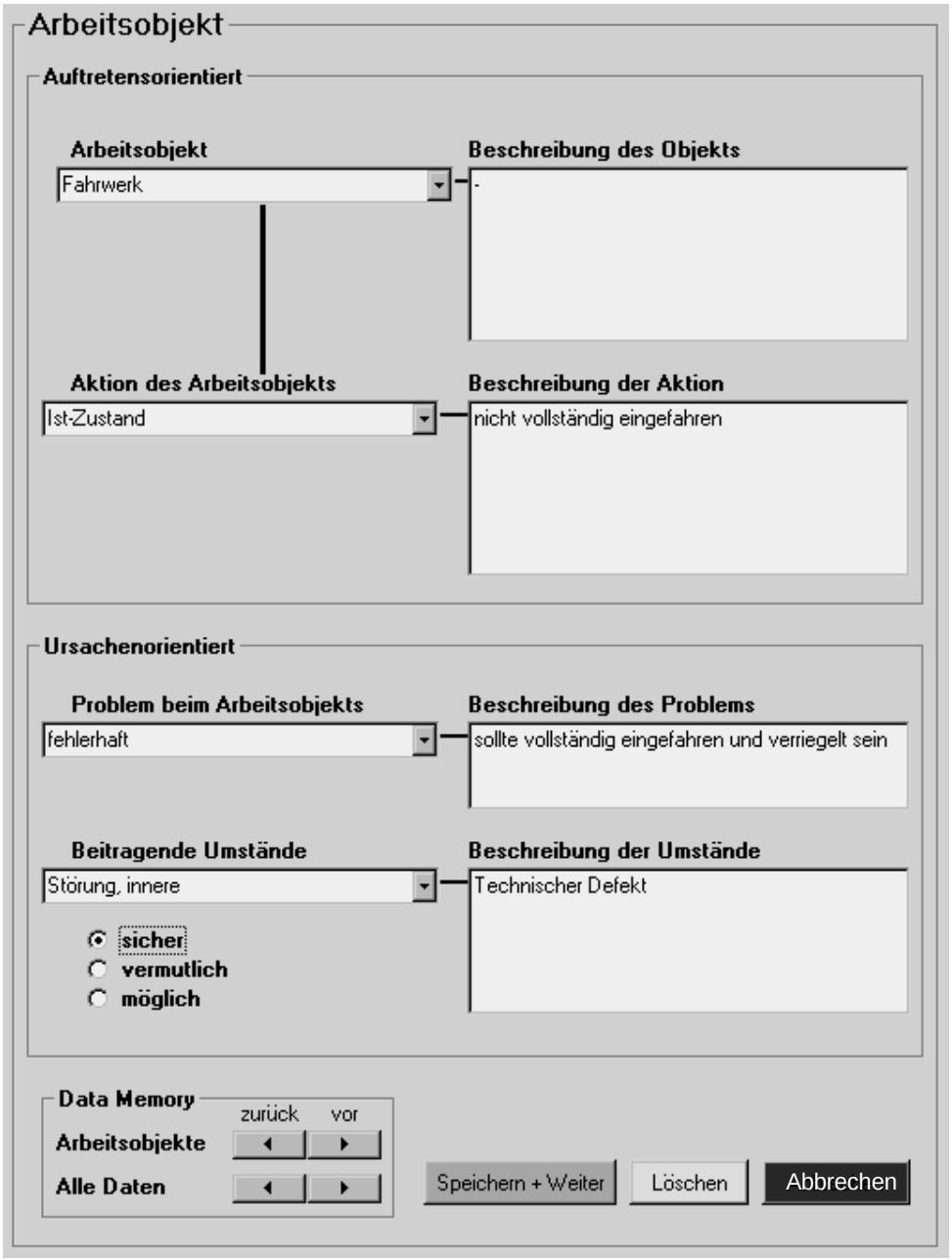


Abbildung 4-12: Eingabemaske der MMS-Komponente „Arbeitsobjekt“

4.3.7 Rückmeldung

In die Komponente „Rückmeldung“ kommen die Informationen, die das Arbeitsobjekt oder das Arbeitsmittel über die Auswirkungen der an oder mit ihnen ausgeführten Handlungen zurück an die bedienende (aktive) Person sendet. Dazu gehören Form und Inhalt der Meldung, der Meldeweg und die Beschreibung, ob und wie die Aktive Person die Rückmeldung aufgenommen, verstanden und verarbeitet hat. Ebenso gehören zu dieser Komponente auch ausgefallene, fehlende oder wünschenswerte Rückmeldungen. Erfahrungsgemäß besteht eine Gefahr der Verwechslung zwischen den Komponenten „Rückmeldung“ und „Info-Eingang“. Die Rückmeldung ist eine Untermenge der eingehenden Informationen, wobei die Grenze hierbei fließend verläuft. Als Rückmeldungen werden grundsätzlich diejenigen Informationen angesehen, die direkt vom Arbeitsmittel oder -objekt stammen und eine Bedeutung hinsichtlich des angestrebten Ereignisses besitzen. Beispiel: Bei einem Kraftfahrzeug ist die Kühlwassertemperatur-Warnanzeige eine konstruktiv vorgesehene Rückmeldung. Dagegen ist der hierzu vom Fahrer nachlesbare Hinweis im Bedienhandbuch des Fahrzeuges, dass bei Aufleuchten dieser Warnung der Füllstand des Kühlwassers überprüft werden muss, eine eingehende Information. Im Beispiel in Abbildung 4-13 erfolgt eine visuelle Warnung, dass das Objekt „Fahrwerksverriegelung“ den Zustand „nicht verriegelt“ eingenommen hat. Da diese Rückmeldung völlig korrekt ist und laut dem Bericht auch nichts dagegen spricht, dass die Aktive Person die Rückmeldung richtig empfangen und verstanden hat, bleibt das Problem- und Umstandsfeld leer.

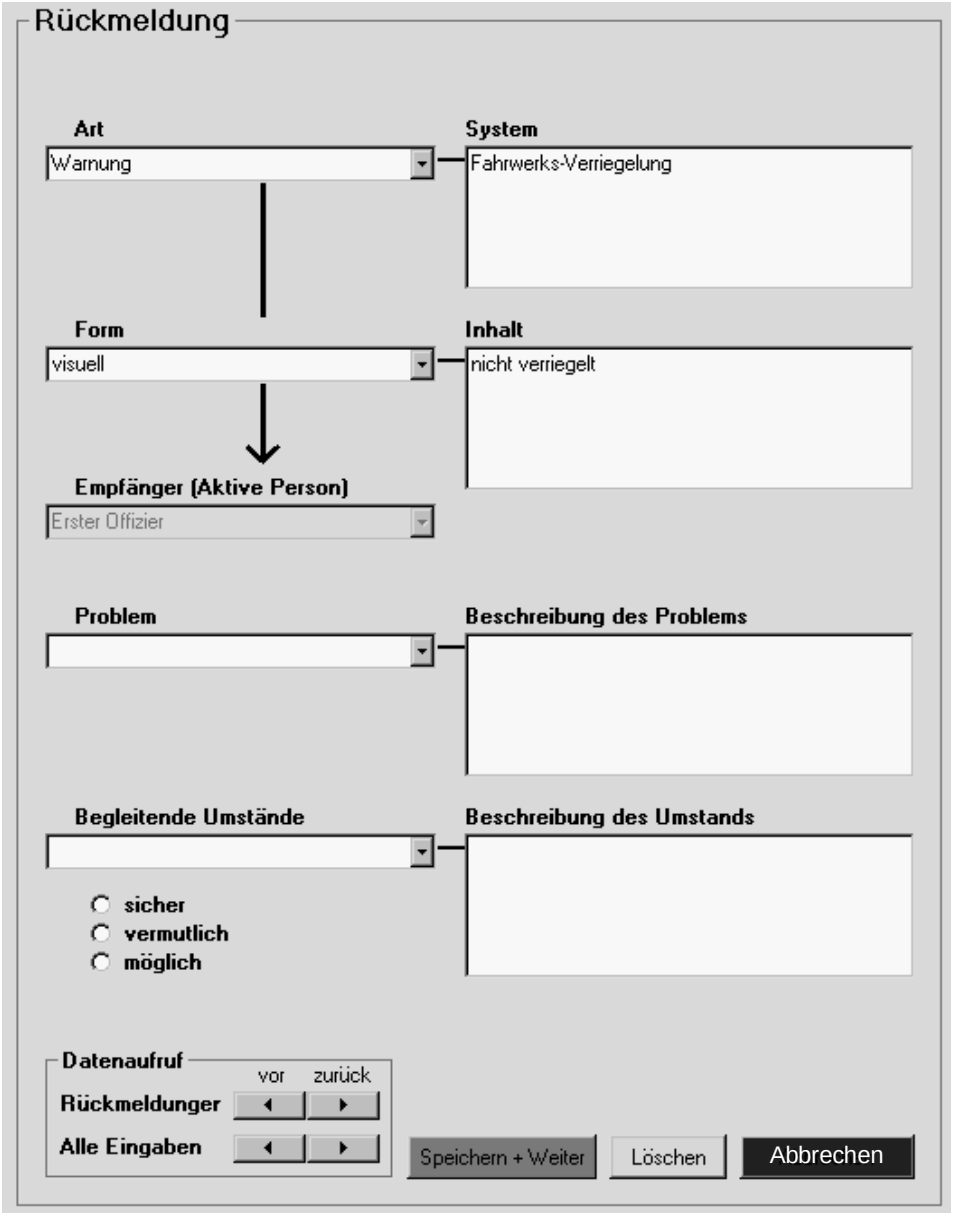


Abbildung 4-13: Eingabemaske der MMS-Komponente „Rückmeldung“

4.3.8 Informations-Eingang

Alle Informationen, welche die Aktive Person aus ihrer Umgebung empfangen hat, hätte empfangen können (also verfügbar waren) oder wünschenswert gewesen wären (jedoch fehlten), werden in der Komponente „Info-Eingang“ abgelegt, siehe Abbildung 4-14. Eine Ausnahme bilden lediglich Informationen, die ausdrücklich als Rückmeldungen über Handlungen an Arbeitsmitteln oder -objekten vorgesehen sind. Diese werden der Komponente „Rückmeldung“ zugeordnet. Im Info-Eingang ist folglich immer die Aktive Person der Empfänger der Information und kann als solcher nicht verändert werden. In der Maske werden der Sender der Information samt Beschreibung, sowie Form und Inhalt der Information angegeben. Bei möglichen Problemen und Umständen sind alle Aspekte der Übertragung und des Inhalts der Information zu berücksichtigen. Im Beispiel hat das System „Fahrwerk“ in akustischer Form darüber informiert, dass das Fahrwerk nicht ordentlich verriegelt ist und zwar in „negativer“ Weise, weil die hierfür typischen Verriegelungsgeräusche nicht zu hören waren.

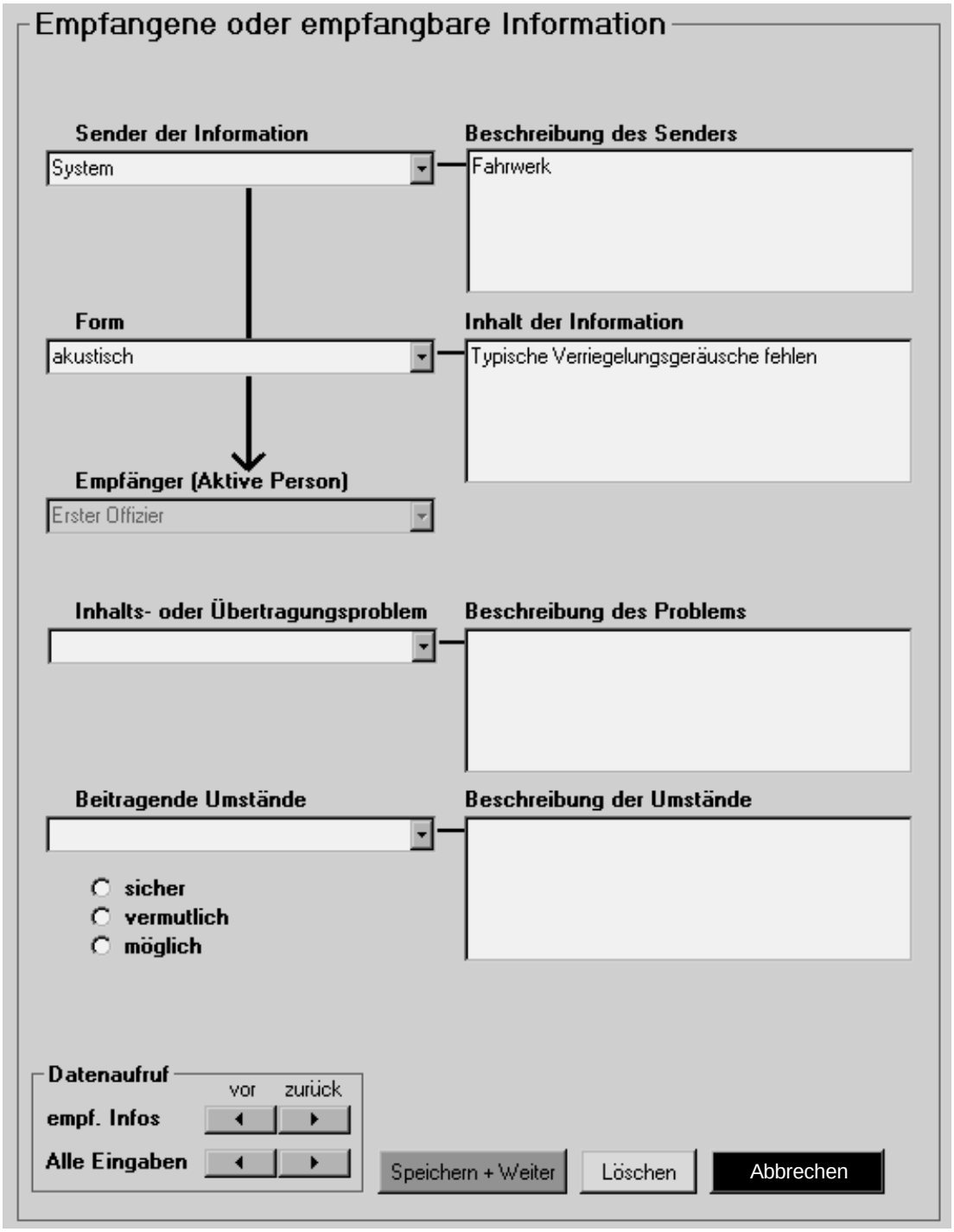


Abbildung 4-14: Eingabemaske der MMS-Komponente „Informationseingang“

4.3.9 Informations-Ausgang

Die Komponente „Info-Ausgang“ deckt den umgekehrten Informationsweg des „Info-Eingangs“ ab. Darunter sind alle Informationen zu verstehen, die von der Aktiven Person an die Umgebung abgegeben wurden oder die die Aktive Person hätte abgeben können bzw. deren Abgabe wünschenswert gewesen wäre. Damit ist im „Info-Ausgang“ immer die Aktive Person der Sender der Information und kann in dieser Rolle nicht verändert werden. Angegeben werden der Empfänger der Information, eine nähere Beschreibung des Empfängers sowie Form und Inhalt der Information. Problem und Umstände beziehen sich auf die gesamte Informationsübertragung und deren Inhalt. Im Beispiel hat der Erste Offizier als Aktive Person eine Information an den Kapitän als fliegenden Piloten gesendet, in Form einer Mitteilung, dass das Fahrwerk offenbar nicht ordnungsgemäß eingefahren und verriegelt sei, siehe Abbildung 4-15.

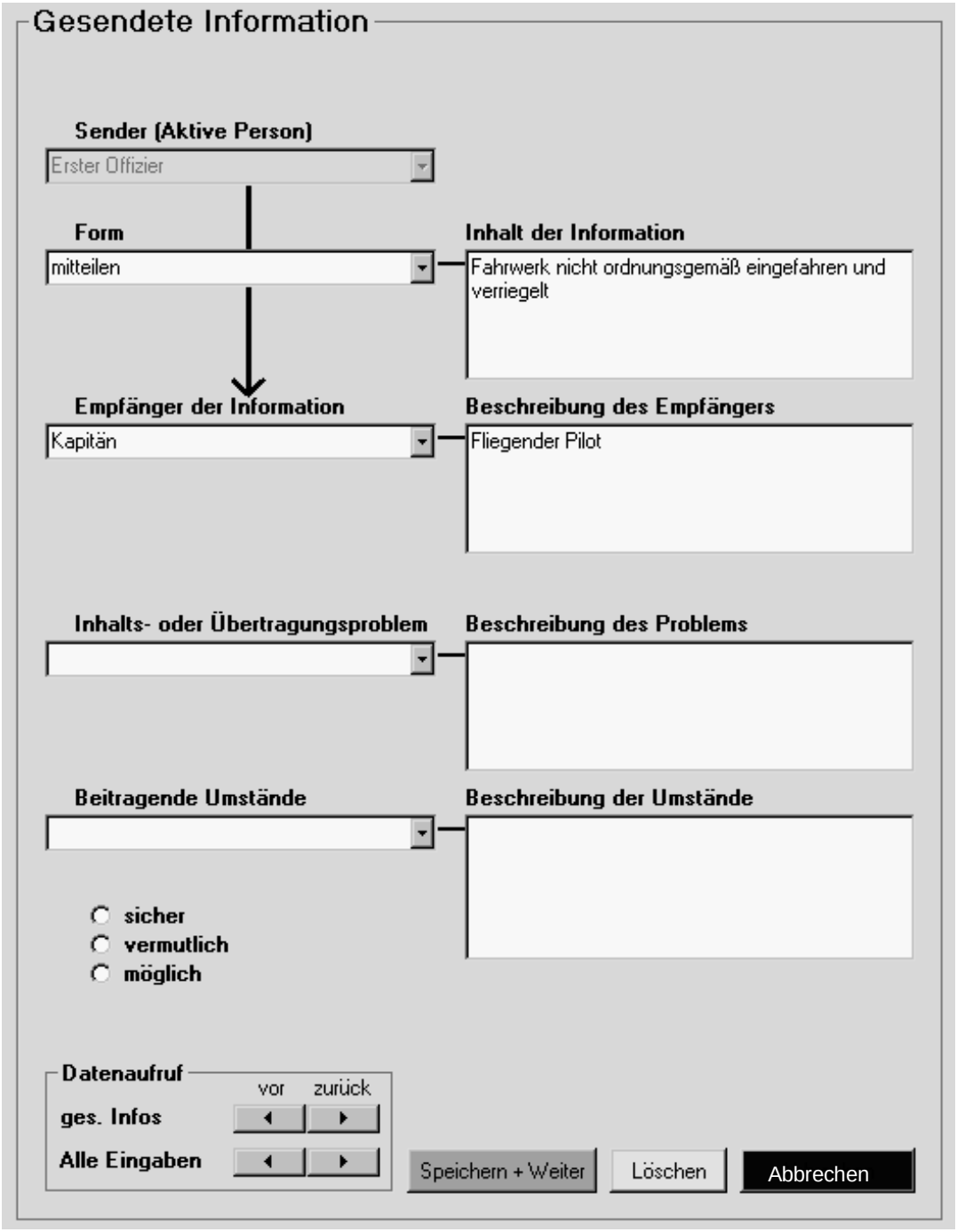


Abbildung 4-15: Eingabemaske der MMS-Komponente „Informationsausgang“

4.3.10 Ergebnis

Die Komponente „Ergebnis“ bezieht sich auf den Ausgang des Mensch-Maschine-Systems und den zeitlichen Abschluss des Unterereignisses. Darin wird festgehalten, was mit dem Arbeitsmittel oder an dem Arbeitsobjekt erreicht wurde, und ob oder wie die gestellte Aufgabe erfüllt oder das Handlungsziel erreicht wurde. Hier besteht die Möglichkeit, einen abschließenden Soll-Ist-Vergleich vorzunehmen und die Situation bzw. den Zustand darzustellen, der am Ende des Unterereignisses vorliegt und an den ein eventuell folgendes Unterereignis anknüpfen muss. Probleme und Umstände mit übergreifendem oder zusammenfassendem Charakter können hier angegeben werden. Dadurch heben sie sich von den spezifischen Problemen und Umständen ab, die beispielsweise bei der „Aktiven Person“ oder beim „Arbeitsobjekt“ angegeben wurden. Das Auftreten von gleichen Informationen in mehreren Komponenten ist grundsätzlich zulässig. Im Beispiel bezieht sich das Ergebnis auf das Fahrwerk, das in einem unerwünschten bzw. falschen Ist-Zustand vorliegt, da es nach Ansicht der Piloten nicht ordentlich eingefahren und verriegelt ist. Die Umstände, die sicher dazu beigetragen haben, liegen in einer inneren Störung in Form eines technischen Defekts, siehe Abbildung 4-16.

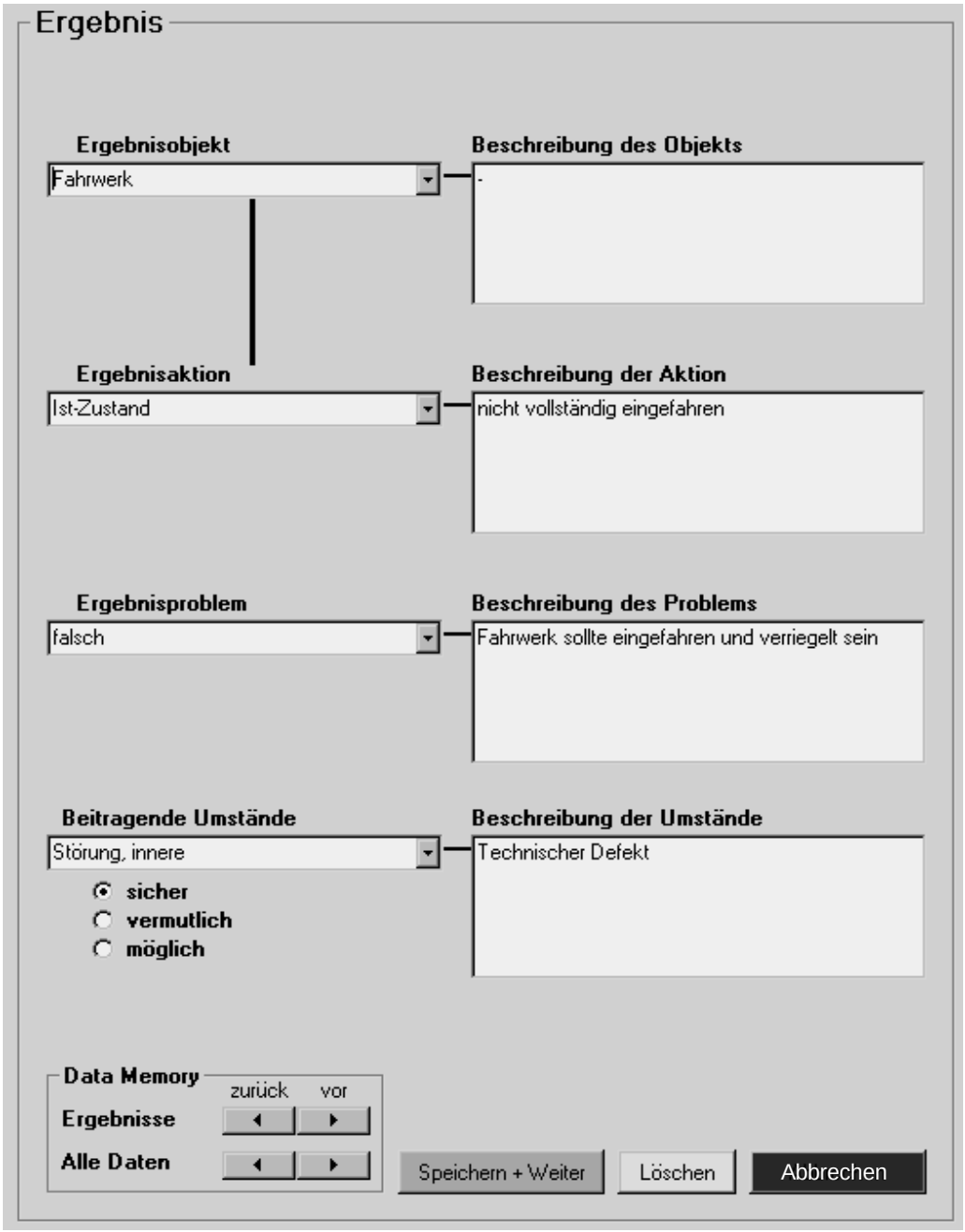


Abbildung 4-16: Eingabemaske der MMS-Komponente „Ergebnis“

4.3.11 Baumstruktur

In Abbildung 4-17 ist dargestellt, wie die Ereignisdaten mit dem Versuchswerkzeug in den Unterereignissen strukturiert ist. Die Darstellung erfolgt in Form folgender allgemeiner Baumstruktur:

Ereignis: [Name], [Nummer des Unterereignisses], [Kategorie], [Aktive Person]

+ [MMS-Komponente 1]
+ [Objekt]: [Objektbeschreibung]
+ [Aktion]: [Aktionsbeschreibung]
+ [Problem]: [Problembeschreibung]
+ [Umstand]: [Umstandsbeschreibung]
+ [Bewertung der Informationssicherheit]
[+ weitere Umstände]
[+ [Bewertung der Informationssicherheit]]

+ [MMS-Komponente 2]
+ [Objekt]: [Objektbeschreibung]
+ [Aktion]: [Aktionsbeschreibung]
+ [Problem]: [Problembeschreibung]
+ [Umstand]: [Umstandsbeschreibung]
+ [Bewertung der Informationssicherheit]
[+ weitere Umstände]
[+ [Bewertung der Informationssicherheit]]

+ [... weitere MMS-Komponente]
+ [...]

Abbildung 4-17: Schema der Baumstruktur bei der Datendarstellung

Bei dieser Struktur gibt es folgende Ausnahmen, bzw. Besonderheiten:

- Bei den Komponenten „Situation“ und „Umgebung“ gibt es nur *Umstände* (z. B. Beleuchtung, Lärm, Strahlung, Zeit, Ort), die an der Stelle der *Objekte* stehen. In gewissem Sinne entsprechen jedoch diese *Umstände* den *Objekten* dieser Komponenten und deshalb auf diese Weise abgefragt. Entsprechend stehen die *Eigenschaften* (Werte) der Umstände in der Abfragestruktur an der Stelle der *Aktionen* der Objekte.
- Bei der Komponente „Aktive Person“ bestehen die *Aktionen* aus Eigenschaften bzw. Zustände der Person wie Geburtsjahr, Geschlecht, etc.

Mit Ausnahme der zuvor genannten Komponenten besteht jeder Satz aus jeweils genau einem Satzglied *„Objekt“*, *„Aktion“* und *„Problem“*, und beliebig vielen *„Umständen“*. Intern wird jedoch pro Umstand ein eigener Satz abgespeichert.

Das bei den vorangegangenen Beschreibungen der Eingabemasken verwendete Unterereignis hat im Dateneingabefenster bzw. beim Schnellaufruf im Übersichtsfenster folgende Darstellung als Baumstruktur, siehe Abbildung 4-18.

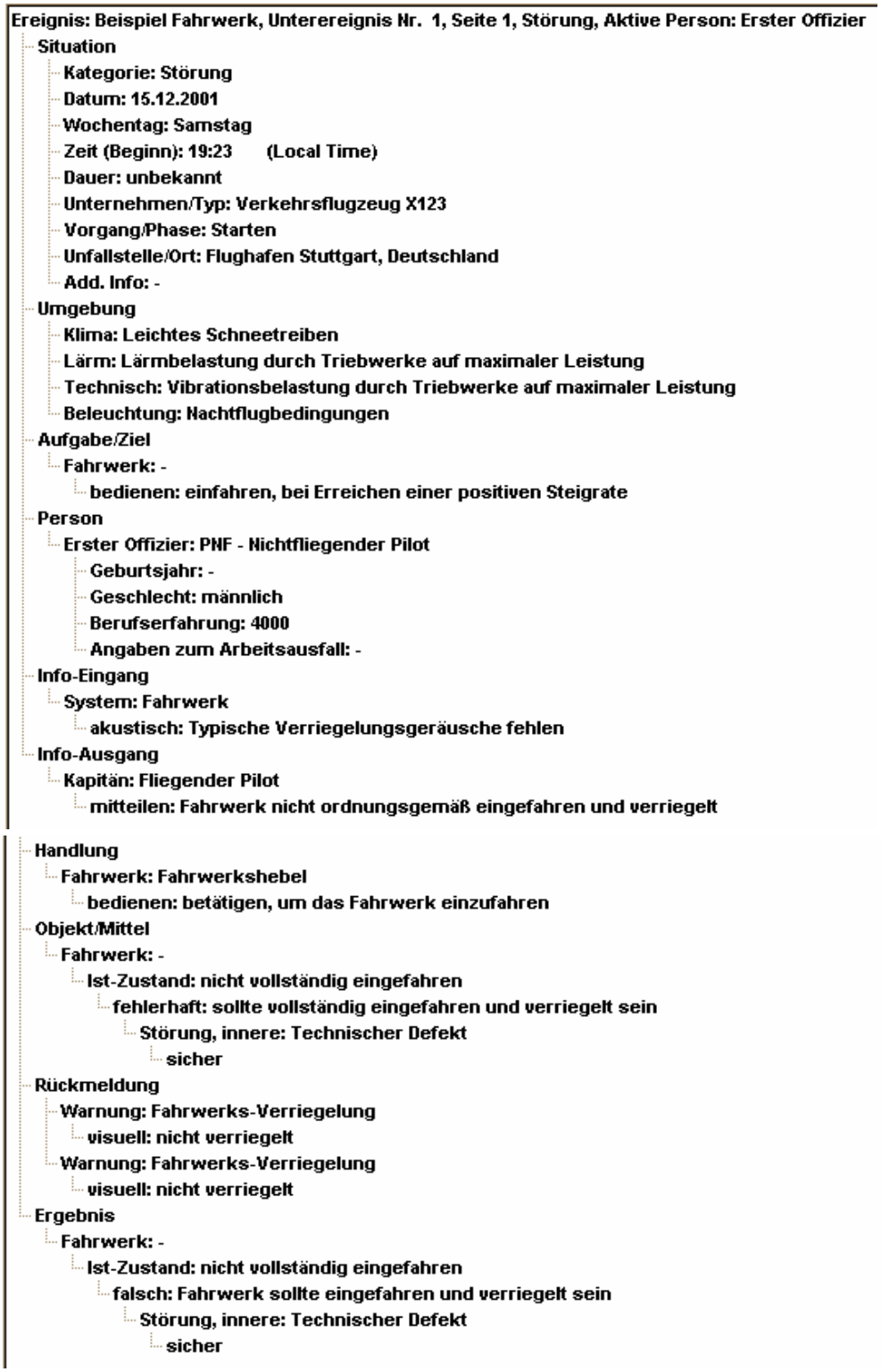


Abbildung 4-18: Ein Unterereignis in der Baumstruktur des Erfassungswerkzeugs

4.3.12 Kopierfunktion

Durch die Unterteilung eines Ereignisses in Unterereignisse und durch die Aufteilung des Mensch-Maschine-Systems in einzelne Komponenten kann es bei der Eingabe vorkommen, dass bestimmte Daten mehrmals eingegeben werden müssen. Beispielsweise, wenn bestimmte Situations- oder Umgebungsdaten in mehreren Unterereignissen vorkommen oder wenn auf eine Aufgabe eine gleich lautende Handlung folgt, die schließlich in ein ebenfalls ähnlich formuliertes Ergebnis mündet, siehe Abschnitt 3.3.3. Da in den Vorversuchen nicht wenige Teilnehmer dies als umständlich bewerteten, wurde über-

legt, ob es nicht möglich ist, einmal eingegebene Daten in eventuell passenden anderen Komponenten zum Einkopieren anzubieten. Das bedeutet, diese Daten stehen dann schon in den Feldern und müssen nur noch per Bestätigung übernommen werden. An die Kopierfunktion wird auch die Erwartung gesetzt, dass durch sie die Inner-Rater-Reliabilität der Methode erhöht wird, da sie bei der wiederholten Eingabe einzelner Daten eine gleichförmige Darstellung fördert. Allerdings kann dies auf Kosten der Validität gehen, wenn wegen der einfachen und schnellen Eingabemöglichkeit auch nicht vollständig zutreffende Daten übernommen werden. Die Kopierfunktion bietet nun bei jeder neuen Eingabe bereits zuvor eingegebene Daten zur Übernahme an. Dabei wird folgende Verknüpfungsreihenfolge verwendet, die sich anhand der Vorversuche als geeignet erwiesen hat:

Wenn neue Eingabe in die Komponente:	***Dann Datenkopie aus letzter Komponente ...***	***oder letzter ...***	***oder letztem***
Situation	Situation	-	-
Umgebung	Umgebung	-	-
Aufgabe / Ziel	Aufgabe / Ziel	Handlung	Ergebnis
Aktive Person	Aktive Person	-	-
Handlung	Handlung	Aufgabe / Ziel	Ergebnis
Rückmeldung	System	Rückmeldung	-
Info-Eingang	Info-Eingang	Info-Ausgang	-
Info-Ausgang	Info-Ausgang	Info-Eingang	-
Arbeitsobjekt	Aufgabe / Ziel	Arbeitsobjekt	Ergebnis
Ergebnis	Aufgabe / Ziel	Arbeitsobjekt	Ergebnis

Tabelle 4-1: Vererbungsfolge bei der Kopierfunktion

4.4 Datenausgabe

Datentabellen

EVEO generiert anhand der eingegebenen Daten von jedem Ereignis eine Datenbankdatei, die zwei verschiedenen Tabellen enthält. Dies geschieht im Hintergrund, d. h., der Benutzer muss sich nicht um die Tabellen kümmern. Eine der Tabelle trägt den Namen „eveo“ und enthält die Ereignisdaten und zusätzlich alle Informationen die benötigt werden, damit das Programm EVEO diese Daten darstellen kann. Für das Programm wird ausschließlich diese Tabelle benötigt. Die zweite Tabelle trägt den Namen „cahr“ und enthält die Ereignisdaten in der Struktur des Ereignisanalyseverfahrens CAHR. Die Tabelle „cahr“ wird bei jedem Speichervorgang automatisch aus der „eveo“-Tabelle generiert.

Export und Import von Ereignisdaten

Der Export der Ereignisdaten erfolgt in Form einer Datenbankdatei. Für die Verwendung in anderen EVEO-Installationen genügt die darin enthaltene Datenbanktabelle „eveo“, für die Verwendung in CAHR reicht die entsprechende Tabelle „cahr“. Die zu einem Ereignis gehörende Datei, welche die Tabelle enthält, trägt den gleichen Namen wie das Ereignis. Die Datenbankdatei kann in beliebigen Formaten erzeugt werden. Aufgrund der in der Regel geringen Größe können die Ereignisdateien problemlos auf Disketten transportiert oder über das Internet verschickt werden.

Ein Import von reinen CAHR-Tabellen ist bislang nicht möglich.

Ausdruck

Die eingegebenen Ereignisdaten können entsprechend den Darstellungen im Übersichtsfenster und in der Baumstruktur des Dateneingabefensters über einen angeschlossenen Drucker ausgedruckt werden. Je nach Datenmenge kann die Baumstruktur pro Unterereignis ein- oder zweiseitig, bzw. im Hoch- oder Querformat ausgedruckt werden.

5. UNTERSUCHUNGEN ZUM BESCHREIBUNGSPROZESS

5.1 Untersuchungsgegenstand

Gegenstand der Untersuchung ist die in den vorangegangenen Kapiteln entwickelte und als Versuchswerkzeug unter dem Arbeitsnamen „EVEO“ realisierte Ereigniserfassungsmethode. Die Versuche sollen exemplarisch zeigen, wie sich der Beschreibungsprozess für die praktische Anwendung eignet und welche Qualität die mit Erfassungsprogramm erzeugten Ereignisberichte besitzen. Bei dem Experiment werden von Versuchspersonen (VP) jeweils zwei schriftlich vorliegende Ereignisbeschreibungen in das Programm übertragen. Jeweils vor und nach der eigentlichen Eingabeprozedur wird den Versuchspersonen ein schriftlicher Fragebogen (siehe Anhang E.3) zur Beantwortung vorgelegt. Darin wird erhoben, welchen fachspezifischen Hintergrund die Versuchspersonen hinsichtlich des Themengebiets der Versuche besitzen und wie sie nach dem Versuch Methode, Werkzeug und Eingabeprozedur bewerten. Abgefragt werden im Einzelnen die persönlichen Einschätzungen der Versuchspersonen

- zum Verständnis der Versuchseingabe,
- zur Schwierigkeit der Abbildung,
- zum Verständnis und zur Anwendbarkeit der Methode,
- zur Funktionalität des Versuchwerkzeugs,
- zum zeitlichen Aufwand,
- zum Übungseffekt,
- zu Unterschieden zwischen den Ereignisbeschreibungen,
- und zur Zufriedenheit mit dem Abbildungsergebnis.

Die erstellten Ereignisberichte werden dahingehend ausgewertet,

- welche Informationen über die Ereignisse von den Versuchspersonen berücksichtigt wurden,
- wie die Ereignisse strukturiert wurden,
- wie die Ereignisinformation in der Abbildung formal und inhaltlich wiedergegeben wurde,
- und wie übereinstimmend bzw. wie ähnlich sich die Berichte untereinander sind, die von mehreren Versuchspersonen unabhängig voneinander von dem gleichen Ereignis angefertigt wurden (Inter-Rater-Reliabilität).

Die Einführung in die jeweiligen Versuche wurde gleichzeitig als Studie zur Inner-Rater-Reliabilität genutzt. Dabei wird ein einzelnes Ereignis mit zeitlichen Abständen immer wieder neu von ein und derselben Person in das Programm eingegeben und anschließend die Übereinstimmung der Abbildungen ausgewertet.

Die Vorgehensweise im Versuch, die aufgetretenen Probleme und die Fragen der Versuchspersonen wurden protokolliert. Die Auswertung der Protokolle erfolgt unterstützend zur Auswertung der Ereignisberichte. Aus ihnen werden zusätzliche Informationen gewonnen, wie die Versuchspersonen mit ihrer Aufgabe zurechtgekommen sind und wie sie bei der Übertragung der Ereignisse vorgegangen sind.

Aus dem Auswertungsergebnis werden anschließend Aussagen über die Anwendbarkeit des Verfahrens und über die momentan erzielbare Qualität bei den Ereignisberichten getroffen, um daraus weiteres Entwicklungspotential für das Verfahren abzuleiten.

5.2 Vorversuche

Bereits während der frühen Entwicklungsphase wurden mit dem Versuchswerkzeug zahlreiche Vorversuche unternommen, um es praktisch zu erproben und fortlaufend zu verbessern. Funktionalität und Aussehen von EVEO basieren neben dem theoretischen Ansatz maßgeblich auf den Erkenntnissen und Erfahrungen, die bei diesen Vorversuchen gewonnen wurden. Als Versuchspersonen kamen sowohl im allgemeinen Umgang mit Software versierte Studenten, als auch praxiserfahrene Mitarbeiter aus diversen Unternehmen zum Einsatz, um die Methode und das Werkzeug kritisch zu testen. Als Datenquellen für die Eingabe dienten schriftliche Berichte wie Unfallanzeigen oder interne Schilderungen über Arbeitsun-

fällen, Darstellungen von Flugereignissen unterschiedlicher Herkunft, Meldungen über Vorkommnisse in kerntechnischen Anlagen und diverse Ereignisberichte aus weiteren Fachbereichen, wie der Medizin, der Schifffahrt und dem Straßenverkehr. Zusätzlich wurde auch mit Ereignissen experimentiert, welche die Versuchspersonen selbst erlebt hatten und dadurch ohne schriftliche Vorlage wiedergegeben werden mussten. Videomaterial, Ereignissimulationen und echte Unfallschauplätze wurden zunächst zwar ebenfalls für Versuche in Betracht gezogen, jedoch nach Abschätzung von Aufwand und Erkenntnisgewinn beim gegenwärtigen Entwicklungsstand des Versuchswerkzeuges für spätere Arbeiten zurückgestellt. Die damit verbundene vorausgehende *Datenerhebung* spielt hier eine eher untergeordnete Rolle, weil sich die Arbeit mit dem Versuchswerkzeug in erster Linie auf die *Dokumentation* von Daten konzentriert.

Natürlich haben bei den ersten Versuchen zunächst nur Versuchspersonen teilgenommen, die keine oder nur geringe Übung mit dem Versuchswerkzeug hatten. Genau diese Situation kann sich jedoch auch bei der späteren Anwendung in der Praxis einstellen. Wenn etwa betroffene Personen selbständig und vielleicht nur ein erstes und einziges Mal über selbst erlebte Ereignisse berichten sollen. Insofern brachte auch diese Einschränkung weiterführend nutzbare Erfahrungen. Die Vorversuche zeigten, dass ein Hauptproblem für ungeübte Anwender darin liegt, sich in der gedanklichen Vorstellung des Mensch-Maschine-Systems (MMS) zurechtzufinden. Regelmäßige Rückfragen der Versuchspersonen zu der Bedeutung des MMS und seiner Komponenten haben dazu geführt, das MMS auf der Eingabeoberfläche als stilisiertes Arbeitsplatzmodell graphisch darzustellen und mit Informationstext zu versehen, siehe Abbildung 4-2. Mit dieser Schwierigkeit hingen auch die Probleme zusammen, die auftraten, sobald ein Gesamtgeschehen in Unterereignisse aufgeteilt werden sollte. Die Frage, welcher Abschnitt eines Ereignisses für sich ein Unterereignis darstellt, führte bei vielen Versuchspersonen zu Unsicherheiten. Um hier eine Hilfestellung zu geben, wurden die in Abschnitt 3.3.2 dargestellten Strukturierungsregeln aufgestellt. Ein weiterer Problemschwerpunkt, der ebenfalls mit der Modellvorstellung des MMS zusammenhängt, war die Zuordnung von Einzelinformationen zu den Komponenten des MMS. Ein Teil der hier erkannten Hindernisse ließ sich auf die Bezeichnungen der Komponenten zurückführen, mit denen die Versuchspersonen zunächst entweder nichts anfangen konnten oder sie offensichtlich falsch interpretierten. Dies führte zu einer Umbenennung einzelner Komponenten gegenüber der Bezeichnung bei STRÄTER (1997), siehe Abbildung 3-7. Es wurde eine gängigere Bezeichnungsweise angestrebt, so dass die von den Versuchspersonen spontan assoziierten Bedeutungen der tatsächlichen Verwendung der Komponenten näher kommen. Die einzelnen Umbenennungen sind nachfolgend aufgelistet:

- *„Aufgabe“ → „Aufgabe / Ziel“*

Die Komponente „Aufgabe“ wird mit dem Begriff „Ziel“ ergänzt, um hervorzuheben, dass eine Aufgabe mitunter auch ein sich selbst gestelltes Handlungsziel sein kann, das sich z. B. durch eine situative Veränderung ergeben kann, ohne dass jemand anderes hierzu eine konkrete Aufgabe erteilt haben muss.

- *„Auftragserteilung“ → „Informations-Eingang“*

  „Auftragserledigung“ → „Informations-Ausgang“

Aus der Auftragserteilung bzw. -erledigung wurden die Kanäle für den allgemeinen Informationsaustausch zwischen der Aktiven Person und ihrer Arbeitsumgebung, zum Beispiel mit anderen Personen oder Systemen.

- *„Maschine“ bzw. „ System“ > „Arbeitsobjekt / Arbeitsmittel“*

Für einige Verwirrung sorgte der Begriff ‚Maschine’ im allgemeinen MMS, bzw. die entsprechende Bezeichnung „System“, die bei STRÄTER verwendet wird. Der Begriff „Maschine“ löste bei vielen Versuchspersonen Assoziationen zu klassischen schweren Maschinen aus, weshalb sie unsicher wurden, ob auch unbedeutendere Arbeitsmittel, wie z. B. ein Spannungsprüfer, dieser Komponente zugeordnet werden darf. Am Rande sei erwähnt, dass Mediziner es unpassend fanden, einen Patienten, an dem sie im Sinne eines Arbeitsobjektes eine Handlung durchführten, der Komponente „Maschine“ bzw. „System“ zuzuordnen. Außerdem führte der Begriff „System“ zu Verwechslungen, weil er hier nicht nur für die technischen Objekte gilt, sondern auch als Bezeichnung für das übergeordnete Arbeitssystem Verwendung findet. Nachdem im Regelkreis des MMS Aktionen nur *an Objekten* oder *mit Hilfe von Mitteln* durchgeführt werden, wurde im Erfassungswerkzeug anstelle der Bezeichnungen „Maschine“

oder „System“ die zutreffendere und allgemeinere Begriffskombination ‚Arbeitsobjekt/Arbeitsmittel’ verwendet.

- *„Tätigkei“t > „Handlung“*

Statt dem Begriff „Tätigkeit“ wird das Synonym „Handlung“ verwendet, weil es entsprechend dem allgemeinen Sprachgefühl eher etwas konkret Geschehenes oder Ablaufendes bezeichnet. Der Begriff „Tätigkeit“ wird zudem auch synonym zu dem Begriff „Beruf“ verwendet, und führte deswegen bei den Vorversuchen zu Missverständnissen und Falscheingaben, die nach der Umbenennung in deutlich schwächerem Ausmaß auftraten.

- *„Mensch / Person“ > „Aktive Person“*

Als letzte Änderung bei den Bezeichnungen der MMS-Komponenten wird anstatt der Begriffe „Mensch“ bzw. „Person“, der mit einem Adjektiv verstärkte Begriff „Aktive Person“ verwendet, um damit die zentrale Rolle des agierenden Menschen im MMS stärker hervorzuheben.

Während der Vorversuche löste die Kopierfunktion des Erfassungswerkzeugs (siehe Abschnitt 4.3.12) bei den Versuchspersonen verstärkt Diskussionen aus. Während die einen die Kopierfunktion gerne annahmen und schon nach kurzer Zeit nicht mehr darauf verzichten wollten, hielten andere sie für völlig ungeeignet oder warfen ihr sogar vor, dass sie ihre Eingaben verfälschen würde. Auch in den Arbeiten von VIDAL (2001) und STEUDTER (2002) wird die Kopierfunktion ähnlich kritisch bewertet. Aus diesem Grund wird diese Funktion in der späteren Anwendung nur noch als Option bereitgestellt, so dass es dem einzelnen Anwender überlassen bleibt, ob er damit arbeiten will oder nicht. Allerdings blieb diese Funktion während des Hauptversuchs fest aktiviert, um weitere Rückmeldungen von Anwendern zu gewinnen und um gegebenenfalls auch den Einfluss der Kopierfunktion auf die Ereignisberichte bestimmen zu können.

Während der Vorversuche wurden auch erste Versionen der Taxonomien entwickelt und erprobt. Auf Basis dieser Erfahrungen beruhen insbesondere die Ausführungen zur Taxonomiebildung und Begriffswahl, die Gegenstand von Abschnitt 3.3.5 sind. Hierzu sei aber angemerkt, dass die Bereitstellung endgültiger Taxonomien nicht Gegenstand dieser Arbeit ist und diese erst nach einer umfangreichen und breiten Anwendungsvorbereitung des Programms in der Praxis zur Verfügung stehen werden.

5.3 Hauptversuch

5.3.1 Allgemein

Beim Hauptversuch bekamen insgesamt 32 Versuchspersonen die Aufgabe, jeweils zwei schriftlich vorliegende Ereignisberichte mit dem Versuchswerkzeug zu erfassen. Als Fachgebiet der Ereignisse wurde exemplarisch der Bereich „Luftfahrt“ ausgewählt, d. h., der Aspekt der interdisziplinären Vergleichbarkeit wurde hier noch nicht berücksichtigt. Die Versuche wurden überwiegend im privaten oder beruflichen Umfeld der Versuchspersonen durchgeführt. Die Personen nahmen einzeln und nacheinander an dem Versuch teil und wurden während der gesamten Versuchsdauer vom Versuchsleiter (VL) beaufsichtigt und betreut. Der zeitliche Ablauf der Versuche ist im Anhang E.1 dargestellt. Zum Ende eines jeden Einzelversuchs lag folgendes Datenmaterial vor:

- Zwei mit dem Versuchswerkzeug erzeugte Ereignisberichte.
- Ein ausgefüllter zweiteiliger Fragenbogen zur Person und zum Versuchsablauf.
- Protokoll über die Dauer der einzelnen Abbildungen und die Vorgehensweise der Teilnehmer.

Insgesamt wurde der Hauptversuch in einem Zeitraum von drei Monaten durchgeführt. Ein einzelner Versuch dauerte etwa 1 ½ bis 2 Stunden. Jede Versuchsperson erhielt als pauschale Aufwandsentschädigung einen Betrag in Höhe € 25,-. Einzige Bedingung für die Teilnehmer war, sich mindestens 30 Minuten lang mit jedem Ereignis auseinander setzten.

5.3.2 Versuchspersonen

Entsprechend der Thematik der Ereignisse wurde versucht, für den Hauptversuch Personen zu gewinnen, die einen beruflichen oder zumindest semi-professionellen Bezug zur Fliegerei haben. Diese fachliche Voraussetzung erschien notwendig, damit die Versuchspersonen die vorgelegten Ereignisbe-

richte problemlos verstehen und in ihren eigenen Erfahrungshintergrund einbetten konnten. Außerdem sollte so eine fachliche Homogenität der Gruppe erreicht werden, um für den Inter-Rater-Vergleich von einem annähernd gleichen Expertengrad bei den Versuchspersonen ausgehen zu können. Schließlich konnte eine Gruppe von 32 Personen gebildet werden, die alle in der Luftfahrt aktiv sind. Entweder als Piloten, Fluglehrer, Flugschüler oder als angehende Flugschüler bei gleichzeitigem Studium der Luft- und Raumfahrttechnik. Durch die Anzahl von 32 Versuchsteilnehmern konnte bei vertretbarem Aufwand ein angemessener und statistisch aussagekräftiger Umfang an Stichproben erzielt werden. Bei dem Versuch wurde ein tragbarer Computer verwendet, auf dem das Versuchsprogramm installiert war. Bei der Auswahl der Teilnehmer wurde auch darauf geachtet, dass alle grundlegende Erfahrungen mit der Anwendung von Computerprogrammen mitbringen. Der Umgang mit dem Versuchswerkzeug sollte den Versuchspersonen keine zusätzlichen Probleme bereiten. Das mittlere Alter der Personen betrug zum Zeitpunkt des Versuchs 24,5 Jahre. Die Gruppe setzte sich aus zwei Frauen und 30 Männern zusammen. Davon waren 24 Personen (75 Prozent) im Besitz von praktischer Flugerfahrung, die übrigen hatten nur theoretische Erfahrung, etwa im Rahmen einer begonnenen Flugausbildung in Verbindung mit einem fachverwandten Studium. Fast alle Versuchspersonen waren Studenten (30, zwei davon mit zuvor abgeschlossener Lehre). Mit dabei war auch ein Berufspilot mit einer A-Lizenz, die zum Fliegen einer großen Verkehrsmaschine berechtigt. Dieser fliegt als Erster Offizier bei einer deutschen Fluggesellschaft und hat zudem ein Ingenieurstudium abgeschlossen. Außerdem war auch ein Fluglehrer mit der Lizenz zur Ausbildung von Privatpiloten (PPL) mit dabei. Drei Personen der Gruppe gaben an, Erfahrungen mit Ereignisanalysen zu haben. Zwei weitere besaßen nach eigenen Angaben Kenntnisse über das arbeitswissenschaftliche Mensch-Maschine-System.

5.3.3 Versuchseinführung

Jeweils zu Beginn der Versuche wurden den Teilnehmern der Ablauf und das Ziel des Experiments erläutert. Anschließend sollten sie den ersten Teil des Fragebogens mit den Angaben zu ihrer Person ausfüllen. Danach wurde ihnen mit Hilfe von graphischen Darstellungen die Grundlagen des Beschreibungsprozesses näher gebracht und das Versuchswerkzeug vorgestellt. Zur konkreten Veranschaulichung wurde ihnen schließlich die praktische Eingabe eines Ereignisses vorgeführt. Dazu wurde gemeinsam mit dem Versuchsleiter folgendes Beispielereignis in das Programm eingegeben:

Das Beispielereignis „Vogelschlag“

„8.10.99, 9 Uhr Ortszeit, Flughafen Kurumbana, Wetter nass und neblig.

Eine zweistrahlige Boeing 737 beschleunigt zum Start. Plötzlich kreuzt ein Schwarm Vögel die Startbahn. Der nicht fliegende Pilot meldet, dass die Vibrationsanzeige des linken Triebwerks erhöhte Werte anzeigt. Vom Tower kommt die Information, dass aus dem linken Triebwerk Rauch austritt. Aufgrund immer stärker werdender Vibrationen entscheidet sich der fliegende Pilot (Flugerfahrung insgesamt 1.500 h) zu einem Startabbruch, obwohl die Entscheidungsgeschwindigkeit V_1 gerade überschritten wird. Das Flugzeug kommt erst nach Rollbahnende im Grünbereich zum Stehen.“

Dieser kurze Bericht beschreibt ein Ereignis, bei dem ein startendes Flugzeug mit einem Vogelschwarm kollidiert und dabei offenbar das linke Triebwerk beschädigt wird. Obwohl die Geschwindigkeit bereits so hoch ist, dass das Flugzeug laut Vorschrift abheben müsste, entscheidet sich der fliegende Pilot für einen Startabbruch. Die noch verbleibende Länge der Startbahn reicht nicht für das Abbremsen bis zum Stillstand aus und das Flugzeug überrollt das Bahnende.

Das Gesamtereignis lässt sich beispielsweise in zwei[1] Unterereignisse (UE)[2] unterteilen: erstens das Auftreten der Störung und zweitens die Reaktion der Piloten.

In beiden UE ist der „Fliegende Pilot“ (PF) als maßgeblich Handelnder die *Aktive Person.* Aus der relativ niedrigen Anzahl von 1500 Flugstunden lässt sich schließen, dass es sich bei dem PF wahrscheinlich um einen Ersten Offizier handelt. Die Daten in den Komponenten *Situation* und *Umgebung* sind bei diesem Ereignis, mit Ausnahme der Zeitangaben, konstant und können deshalb bei beiden UE überein-

[1] Damit soll nicht der Eindruck erweckt werden, dass nicht auch andere Aufteilungen denkbar und richtig sein können.

[2] Es sei an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass jedes UE genau einem Mensch-Maschine-System entspricht.

stimmend eingegeben werden, wofür auch die Kopierfunktion genutzt werden kann. Die *Aufgabe* der *Aktiven Person* im ersten UE entspricht dem normalen Arbeitsauftrag des fliegenden Piloten: Er soll das Flugzeug starten, das in diesem Fall als Ganzes das *Arbeitsobjekt* darstellt. Alles was die *Aktive Person* nun unternimmt, um diese *Aufgabe* zu erfüllen, wird als die umfassende *Handlung* „Flugzeug starten" zusammengefasst. Dies ist zulässig, weil alle hier durchgeführten Teilhandlungen offenbar nichts mit dem späteren Ereignis zu tun haben. (Ob dem tatsächlich so ist, muss im realen Fall durch eine umfassende Recherche sichergestellt sein.) Sicherlich gibt es bei dieser zusammengefassten *Handlung* zahlreiche *Rückmeldungen* an die Piloten. Allerdings haben auch diese, solange sie noch nichts mit der eigentlichen Störung zu tun haben, hier ebenfalls keine Bedeutung, die besonders hervorgehoben werden müsste. Während der Erfüllung der *Aufgabe* im ersten UE kommt es zu einer unerwünschten Änderung des Zustands beim Untersystem „Triebwerk" des *Arbeitsobjekts* „Flugzeug". Durch eine äußere Störung - in diesem Beispiel durch unglücklicherweise eingesaugte Vögel - wird das linke Triebwerk beschädigt. Es beginnt unruhig zu laufen und auf der hinteren Schubseite tritt Rauch aus. Die erhöhten Vibrationen werden an Bord nicht nur gefühlsmäßig wahrgenommen, sondern sind im Cockpit auch auf der Vibrationsanzeige des linken Triebwerks ersichtlich. Diese Anzeige stellt eine konstruktiv vorhergesehene *Rückmeldung* des Triebwerküberwachungssystems dar und unterscheidet sich dadurch von einer allgemeinen Information. Allerdings erreicht diese *Rückmeldung* aufgrund der Arbeitsteilung im Cockpit zunächst den „Nichtfliegenden Piloten" (PNF) und nicht direkt die *Aktive Person*. Letztere ist primär für die Flugaufgabe zuständig, während der PNF in der Startphase die Systemanzeigen überwacht und den Sprechfunk abwickelt. Das bedeutet, dass die *rückgemeldete Information* die *Aktive Person* erst über den mündlichen Hinweis des PNF als Sender, d. h. über den *Info-Eingang* erreicht. Die vom Triebwerk ausgehenden Vibrationen werden ebenfalls den *eingehenden Informationen* zugeordnet, da hier keine unmittelbare Handlung der Aktiven Person vorausgegangen ist. Den gleichen Weg nimmt auch die Information über den Rauchaustritt am linken Triebwerk. Diesmal ist der Fluglotse im Tower der Sender der Information, welche die *Aktiven Person* über den Funkverkehr mithören kann. Danach steht für die Piloten endgültig fest, dass eine Störung vorliegt. Mit dieser Feststellung und der Beschreibung des beschädigten Arbeitsobjekts in der Komponente *Ergebnis* endet das erste Unterereignis.

Durch diese situative Entwicklung ändert sich die Aufgabe des PF, der hier auch im zweiten UE die Rolle der *Aktiven Person* einnimmt. (Denkbar wäre auch, dass beide Piloten gemeinsam unter der Bezeichnung „Crew" als Aktive Personengruppe im zweiten UE agieren.) Die primäre Aufgabe des PF ist nun nicht mehr das Flugzeug zu starten, sondern so auf die Störung zu reagieren, dass Passagiere und Güter nicht in Mitleidenschaft gezogen werden. Die *Aufgabe* der *Aktiven Person* im zweiten UE hat sich damit gegenüber dem ersten in ein Störungsmanagement gewandelt. In einer solchen Situation hat der PF bei einem Triebwerksdefekt während des Beschleunigens zum Start zwei Möglichkeiten. Er kann entweder den Start abbrechen und versuchen, das Flugzeug wieder zum Stillstand zu bringen, oder den Startvorgang fortsetzten, abheben und einen stabilen Flugzustand ansteuern, was bei diesem Flugzeugtyp auch mit nur einem funktionstüchtigen Triebwerk möglich wäre. Anschließend könnte er wieder zum Flughafen zurückkehren und kontrolliert zu landen versuchen. Maßgeblich für diese Entscheidung ist die Frage, ob die aktuelle Rollgeschwindigkeit V die Entscheidungsgeschwindigkeit V_1 bereits überschritten hat oder nicht. Ist das Flugzeug schneller als V_1, würde die restliche Länge der Startbahn als Bremsweg nicht ausreichen und der Start müsste gemäß üblicher Vorschrift fortgesetzt werden. Andernfalls besteht die Gefahr, dass das Flugzeug hinter dem Startbahnende auf unbefestigtes Gelände gerät und dort im schlimmsten Fall mit Hindernissen kollidiert. Der PF besitzt im Cockpit vor sich eine Geschwindigkeitsanzeige und das Erreichen von $V = V_1$ muss vom PNF mündlich angesagt und vom PF bestätigt werden. Allerdings besitzt der verantwortliche Flugzeugführer, welcher nicht der PF sein muss, grundsätzlich die letzte Entscheidungsgewalt, da es unvorhersehbare Situationen geben kann, bei denen im Einzelfall unter Abwägung aller Möglichkeiten ein Startabbruch trotz allem die bestmögliche Alternative sein kann. Bei diesem Beispiel tritt die Störung unmittelbar vor dem Erreichen der Entscheidungsgeschwindigkeit auf. Um den Start abzubrechen, bleibt nur noch wenig Zeit. Die Anzeige der aktuellen Geschwindigkeit stellt die *Rückmeldung* vom *Arbeitsobjekt* an die *Aktive Person* dar. Die Entscheidung des PF ist an seiner *Handlung* zu erkennen. Er bricht den Start zu einem Zeitpunkt ab, zu dem V_1 bereits überschritten ist. Im Kontext der im Ereignisbericht dargestellten Situation kann dies als eine falsche Handlung bezeichnet werden. Falsch deshalb, weil einerseits eine Vorschrift verletzt wurde und andererseits kein plausibler Grund für diese Entscheidung dokumentiert ist. (Im Fall eines echten Ereignisses muss diese Plausibilitätslücke genau überprüft werden. Jedes Verhalten hat seine Gründe. Möglicherweise hatte der PF weitere Informationen vorliegen, die einen Startabbruch riskanter als ein Fortsetzen des Starts erscheinen

ließen.) Hier tritt jedoch ein Problem zutage, welches regelmäßig bei Ereignisdokumentationen auftritt: Die Grenze zwischen auftretens- und ursachenorientierter Beschreibung wird überschritten. Die Feststellung, dass eine Handlung falsch war, stellt streng genommen bereits eine Bewertung dieser Handlung dar. Um eine möglichst wertungsfreie Fehlerklassifizierung zu gewährleisten, wird bei der Erfassungsmethode mit den folgenden vier in der HF-Literatur (SWAIN & GUTTMANN, 1983) verbreiteten Fehlerbegriffen gearbeitet, die jeweils entsprechend der angeführten auftretensorientierten Bedeutungen verwendet werden sollen:

- *falsch:* eine hinsichtlich der zu erledigenden Aufgabe unerwünschte Handlung wird durchgeführt.
- *fehlerhaft:* eine hinsichtlich der zu erledigenden Aufgabe erwünschte Handlung führt nicht zum erhofften Ergebnis. („Fehlerhafte" Handlungen können in den meisten Fällen durch detailliertere Betrachtung weiter differenziert werden in „richtige", „falsche", „unterlassene" oder „nicht mögliche" Handlungen.
- *unterlassen:* eine erforderliche Handlung wurde nicht durchgeführt.
- *nicht möglich:* eine erforderliche Handlung konnte nicht durchgeführt werden.

Bei jeder Handlung ist zu klären, welche Maßnahme im Sinne der Aufgabenerledigung erwünscht war (Norm-/Soll-Handlung), und wie die tatsächliche Handlung (Ist-Handlung) davon abweicht. Lässt sich keiner der Fehlerbegriffe eindeutig auf eine Abweichung anwenden, dann muss versucht werden, das Geschehen weiter zu differenzieren. Bei dem Startabbruch des PF handelt es sich - auf Grundlage der vorgegebenen Fakten - um eine unerwünschte und damit falsche Handlung hinsichtlich der allgemeinen Flugvorschriften. Stehen Form und Ausmaß der Abweichung zwischen Soll- und Ist-Handlung fest, werden alle erkennbaren Umstände festgehalten, unter denen es dazu gekommen ist, wobei Umstände grundsätzlich nicht automatisch mit Ursachen gleichgesetzt werden dürfen. Allgemeine Umstände werden in der Komponente *Umgebung* eingetragen (z. B. Wetterbedingungen), während komponentenspezifische Umstände direkt der entsprechenden Komponente zugeordnet werden sollten. Im Beispiel muss folglich noch geklärt werden, welche Umstände den PF zu dieser Entscheidung zum Startabbruch bewogen haben. Auch wenn es im Text hierzu keine expliziten Aussagen gibt, so sind zumindest der Zeitdruck, die spürbaren Vibrationen und das Bewusstsein darüber, dass ein Triebwerk wahrscheinlich erheblich beschädigt wurde, aus dem Kontext erschließbare Umstände. Im realen Fall würden sich bei einer direkten Untersuchung mit Sicherheit wesentlich mehr solcher „härteren" und „weicheren" Umstände finden lassen. Das *Ergebnis* des zweiten Unterereignisses ist gleichzeitig auch der Abschluss des Gesamtereignisses. Rein auftretensorientiert betrachtet konnte die kinetische Energie des Arbeitsobjekts „Flugzeugs" nicht rechtzeitig durch das Bremsmanöver abgebaut werden. Das Flugzeug überschießt deshalb das Startbahnende und kommt erst auf unbefestigtem Boden zum Stillstand. In den Abbildungen 5.1 und 5.2 ist dargestellt, wie bei dem Beispielereignis die Informationen auf zwei Unterereignisse und deren Komponenten verteilt werden können.

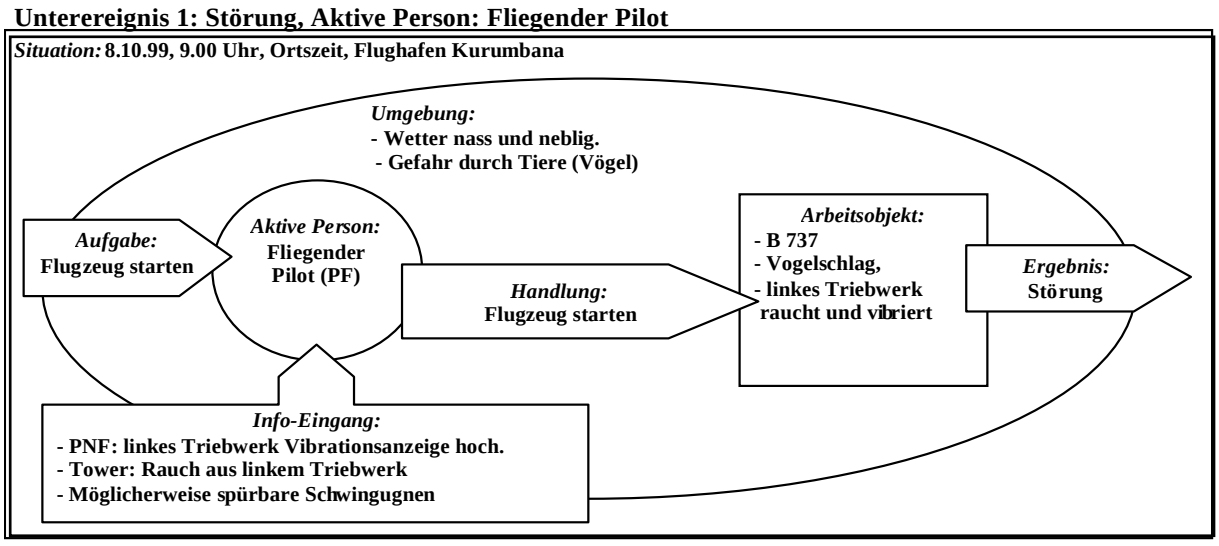


Abbildung 5-1: Erstes Unterereignis beim Beispiel „Vogelschlag": Auftreten der Störung

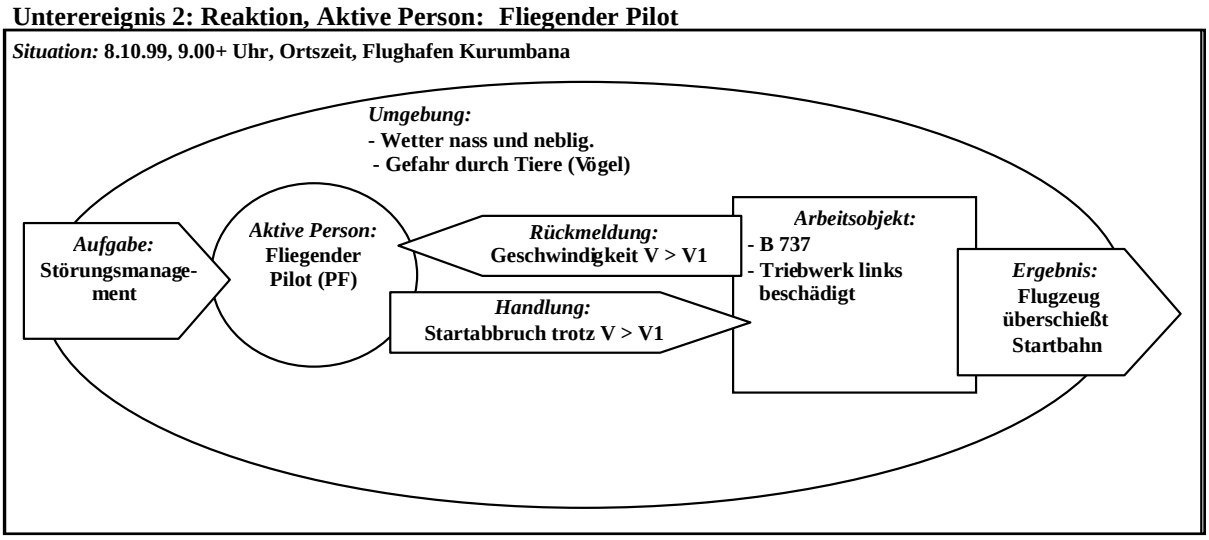


Abbildung 5-2: Zweites Unterereignis beim Beispiel „Vogelschlag“: Reaktion der Piloten

Nach Eingabe dieser Daten in das Programm werden die Unterereignisse in Form einer Baumstruktur dargestellt, siehe Abbildung 5-3 und Abbildung 5-4. Dabei entspricht jeder Ast einem Satz an Informationen. An den Verzweigungen werden folgende Entscheidungen in entsprechender Reihenfolge getroffen (vgl. Kapitel 4.3.11):

Ereignis/Unterereignis [Nr., Bezeichnungen]
+ MMS-Komponente
+ Objekt
+ Aktion
+ Problem
+ Umstand
+ Bewertung der Information

Zum Abschluss der Einführung hatten die Versuchspersonen ausdrücklich noch einmal die Gelegenheit offene Fragen zu klären, was von den meisten genutzt wurde und sich auch als notwendig erwies, um übrig gebliebene Verständnisprobleme zu lösen. Die Einführung dauerte pro Versuch ca. 20 Minuten.

Die Vorversuche dienten gleichzeitig auch zur Untersuchung der Inner-Rater-Reliabilität, d. h. der Frage, wie unterscheiden sich Ereignisberichte, die von einer einzelnen Versuchsperson immer wieder neu von einem bestimmten Ereignis angefertigt wurden? Zwischen den Versuchen lagen Zeiträume von anderthalb Stunden bis zu mehrere Wochen. Der Vergleich der Darstellung des Beispielereignisses zeigte, dass die Berichte praktisch als identisch bezeichnet werden können. Allerdings handelte es sich dabei um eine mit dem Ereignis, der Methode und dem Werkzeug sehr vertrauten Person.

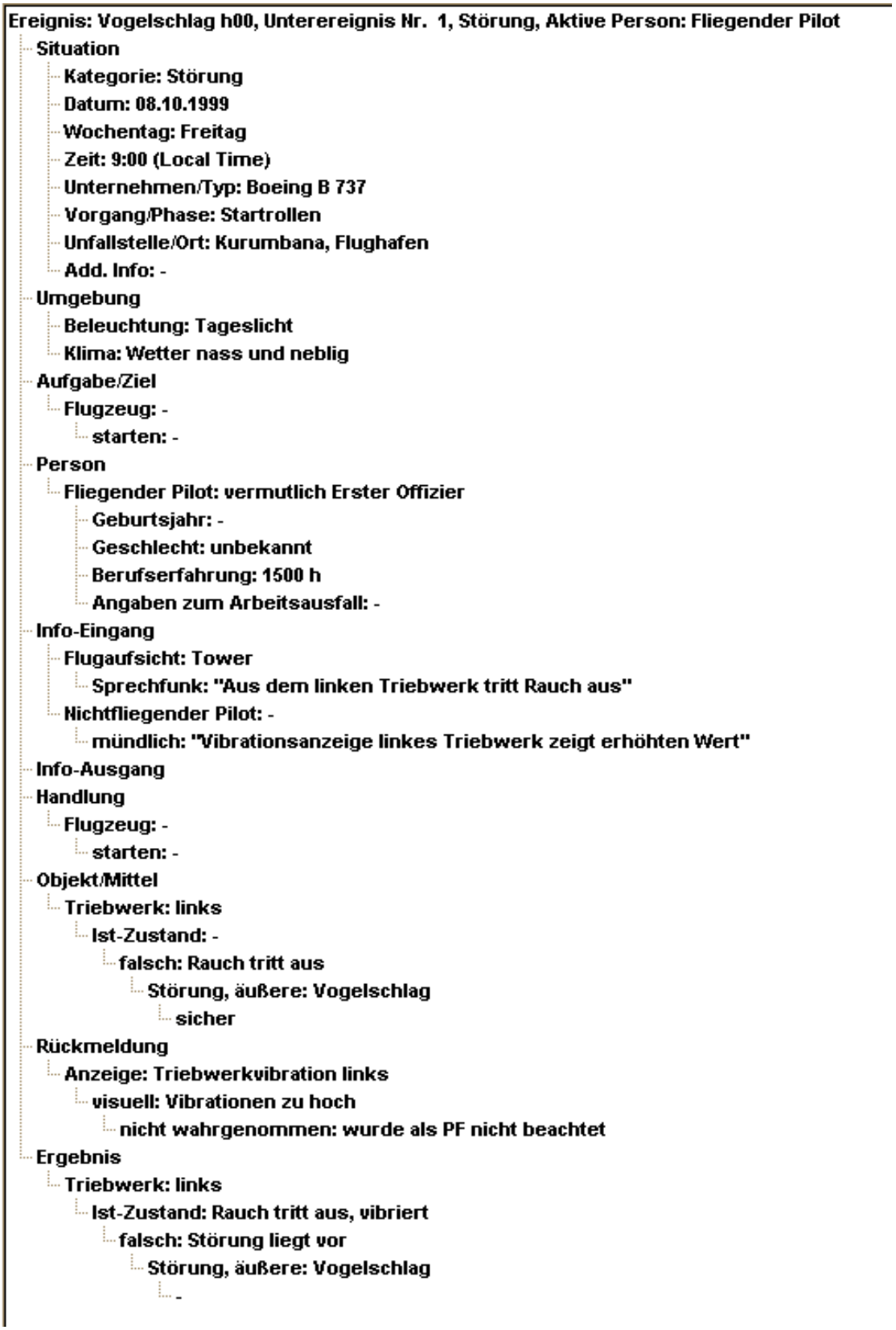


**Abbildung 5-3: Die Daten des ersten Unterereignisses,
wie sie in der Baumstruktur des Versuchswerkzeuges dargestellt werden.**

Ereignis: Vogelschlag h00, Unterereignis Nr. 2, Sofortmaßnahme, Aktive Person: Fliegender Pilot
- Situation
  - Kategorie: Sofortmaßnahme
  - Datum: 08.10.1999
  - Wochentag: Freitag
  - Zeit: 9:00 (Local Time)
  - Unternehmen/Typ: Boeing B 737
  - Vorgang/Phase: Startrollen
  - Unfallstelle/Ort: Kurumbana, Flughafen
  - Add. Info: -
- Umgebung
  - Beleuchtung: Tageslicht
  - Klima: Wetter nass und neblig
- Aufgabe/Ziel
  - Störungsmanagement: Defekt im linken Triebwerk beim Startrollen
    - durchführen: Entscheidung treffen was zu tun ist
- Person
  - Fliegender Pilot: vermutlich Erster Offizier
    - Geburtsjahr: -
    - Geschlecht: unbekannt
    - Berufserfahrung: 1500 h
    - Angaben zum Arbeitsausfall: -
- Info-Eingang
- Info-Ausgang
- Handlung
  - Startvorgang: -
    - abbrechen: -
      - falsch (unerwünscht): Entscheidungsgeschwindigkeit V1 überschritten
        - Zeitdruck: Problem tritt kurz vor Erreichen der Entscheidungsgeschwindigkeit auf
        - Einwirkung von außen: Vibrationen von defektem Triebwerk
        - Situationseinschätzung: wahrscheinlich schwerer Schaden am linken Triebwerk
- Objekt/Mittel
- Rückmeldung
- Ergebnis
  - Flugzeug: Defekt im linken Triebwerk beim Startrollen
    - Ist-Zustand: kommt erst nach Rollbahnende zum stehen
      - Ergebnis teilweise falsch: sollte noch auf der Rollbahn zum stehen kommen
        - Kinetische Energie: Startabbruch erfolgte erst nach Erreichen von V1
          - -

Abbildung 5-4: Die Daten des zweiten Unterereignisses, wie sie in der Baumstruktur des Versuchswerkzeuges dargestellt werden

5.3.4 Versuchsereignisse

Die beiden Ereignisberichte, die für den Hauptversuch verwendet wurden, stammen wie das Beispielereignis aus dem Bereich der zivilen Verkehrsluftfahrt. Bei den Berichten handelt es sich um kurze Darstellungen authentischer Geschehnisse, wie sie beispielsweise in internen Informationsmedien von Fluggesellschaften verbreitet werden. Die Schilderungen wurden jedoch an die Anforderungen des Versuches angepasst. So wurden die Berichte an einigen Stellen gekürzt und zur besseren Verständlichkeit vereinfacht. Namen, sowie Orts- und Zeitangaben wurden geändert, um den Anforderungen des Datenschutzes zu genügen. Nach der Überarbeitung wurden die Unfallberichte von einem Experten mit positivem Ergebnis auf fachliche Stimmigkeit überprüft. Der zusammenhängende Wortlaut der Ereignisberichte ist im Anhang E.2 abgedruckt.

Nach der Einführung hatten die Teilnehmer die Aufgabe, die beiden Versuchsereignisse „Fahrwerk“ und „Seitenwind“ selbständig in das Erfassungsprogramm einzugeben. Bedingung für den Erhalt des Versuchshonorars war, dass sie sich dafür pro Ereignis mindestens 30 Minuten Zeit nahmen. Um den

Einfluss der Bearbeitungsreihenfolge berücksichtigen zu können, begann eine Hälfte der Versuchsteilnehmer mit dem Ereignis „Fahrwerk“, die andere mit dem „Seitenwind“. Beide Ereignisbeschreibungen sind mit Absicht relativ kurz gehalten, da wegen der für die Teilnehmer unbekannten Methodik mit längeren Bearbeitungszeiten gerechnet wurde. Während des Versuchs durften die Teilnehmer jederzeit Fragen an den Versuchsleiter stellen. Beantwortet wurden jedoch nur Fragen zum Umgang mit dem Programm und keine bezüglich der Darstellung der Sachverhalte oder zu den Hintergründen des Ereignisses. Im Folgenden werden kurz die Versuchereignisse besprochen und Musterlösungen skizziert.

Das Versuchsereignis „Fahrwerk“

Bei diesem Ereignis fährt beim Start eines Flugzeugs, nach Ansicht der Piloten, das Fahrwerk offenbar nicht richtig ein. Die Piloten lösen das Problem, indem sie das Fahrwerk erneut aus- und wieder einfahren. Weil sich die Arbeitsbelastung im weiteren Flugverlauf aus nicht näher erläuterten Gründen erhöht, vergessen die beiden Piloten die Störung ins Bordbuch einzutragen, was vorgeschrieben ist, um das Wartungspersonal oder nachfolgende Besatzungen darauf hinzuweisen. Es handelt sich hierbei um ein wenig spektakuläreres Ereignis, das laut Aussagen von Berufspiloten im normalen Flugbetrieb nicht allzu selten vorkommt. Die folgende Übertragung des Ereignisses in die Beschreibungsstruktur stellt eine exemplarische Musterlösung dar, an der anschließend die Versuchsergebnisse gespiegelt werden können.

Das Geschehen lässt sich in drei Abschnitte bzw. Unterereignisse einteilen:

1. Eine Störung tritt auf (Fahrwerk offenbar nicht richtig eingefahren, Aktive Person (AP): Erster Offizier):

   “Nach Abheben und Erreichen einer positiven Steigrate soll der Erste Offizier (Flugerfahrung: 5.000 h) das Fahrwerk einfahren. Er bedient dazu den Fahrwerkshebel. Aus dem Rumpf sind knarrende Geräusche zu hören. Kontrolllichter zeigen an, dass das linke Hauptfahrwerk nicht ordnungsgemäß eingefahren sei. Der Erste Offizier teilt diesen Umstand dem Kapitän mit. Der Kapitän (Flugerfahrung: 13.000 h) ist fliegender Pilot.“

2. Gegenmaßnahmen (Rollentausch, Fahrwerk erneut aus- und wieder einfahren, AP: Kapitän)

   “Der Kapitän übergibt die Rolle des fliegenden Piloten an den Ersten Offizier. Er gibt ihm die Anweisung den Steigflug fortzusetzen und widmet sich der Störung. Nach kurzer Diskussion mit seinem Ersten Offizier versucht der Kapitän das Problem dadurch zu lösen, dass er das Fahrwerk erneut aus- und wieder einfährt. Bei dieser Gegenmaßnahme wird das Fahrwerk ohne Knarrgeräusche und laut Kontrollanzeigen ordnungsgemäß eingefahren.“

3. Mängel in der Nachbereitung (Störung wird nicht ins Bordbuch eingetragen: AP: Kapitän)

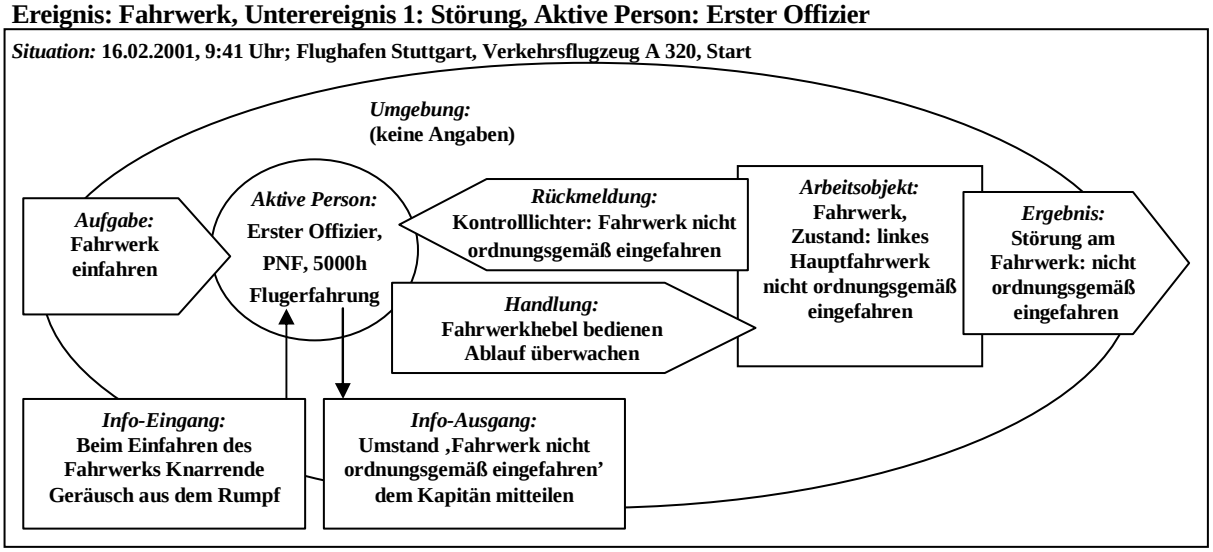
   “Die Besatzung vergisst wegen hoher Arbeitsbelastung im weiteren Flugverlauf die Störung ins Bordbuch einzutragen.“

Zu den allgemeinen Informationen bei diesem Ereignis gehören:

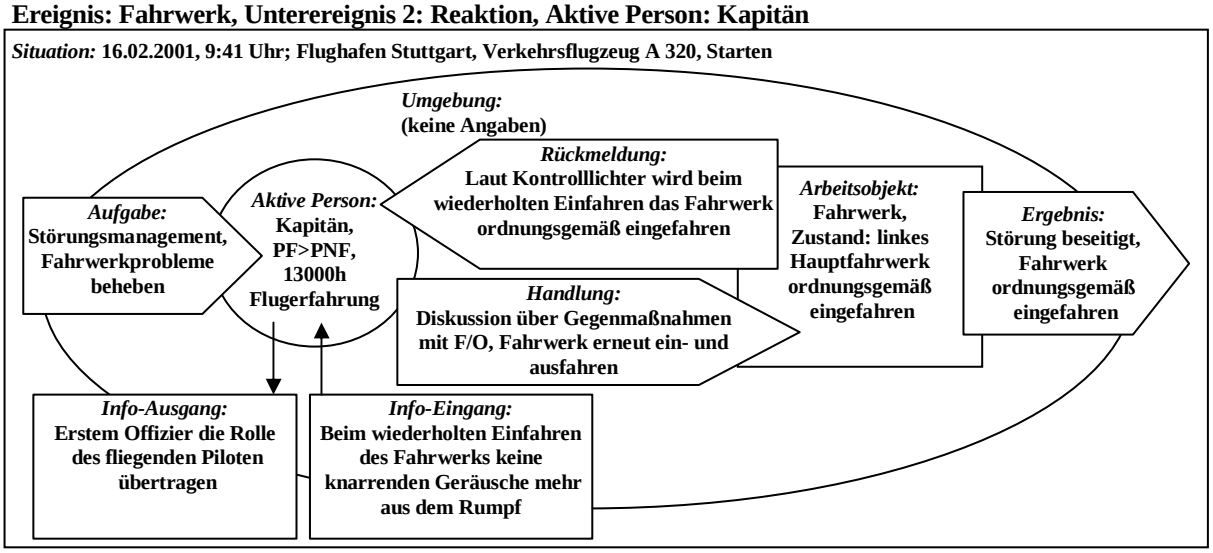
„Ein Verkehrsflugzeug vom Typ Airbus A 320 startet am 16. Februar 2001 um 9.41 Uhr Ortszeit vom Flughafen Stuttgart. Der Kapitän besitzt eine Flugerfahrung von 13000 h, der Erste Offizier eine von 5000 h.“

Die Beschreibung dieses Ereignisses ist sehr einfach gehalten. Die Informationen sind nicht ineinander verschachtelt und weitgehend chronologisch den Komponenten des MMS zuordenbar. Streng genommen ist für den Aspekt des menschlichen Versagens nur die vergessene Eintragung ins Bordbuch von Bedeutung. Zuvor haben die Piloten alles richtig gemacht. Die Störung bei dem Fahrwerk und dessen Behebung stellt aber eine wichtige Information für andere Piloten dar, wie mit einem solchen Problem umgegangen werden kann, und ist deshalb der Dokumentation wert. In der Abbildung 5-5 ist dargestellt, wie die Daten des Ereignisses auf drei Unterereignisse und deren MMS-Komponenten übertragen werden können.

Ereignis: Fahrwerk, Unterereignis 1: Störung, Aktive Person: Erster Offizier



Ereignis: Fahrwerk, Unterereignis 2: Reaktion, Aktive Person: Kapitän



Ereignis: Fahrwerk, Unterereignis 3: Nachfolgend, Aktive Person: Kapitän

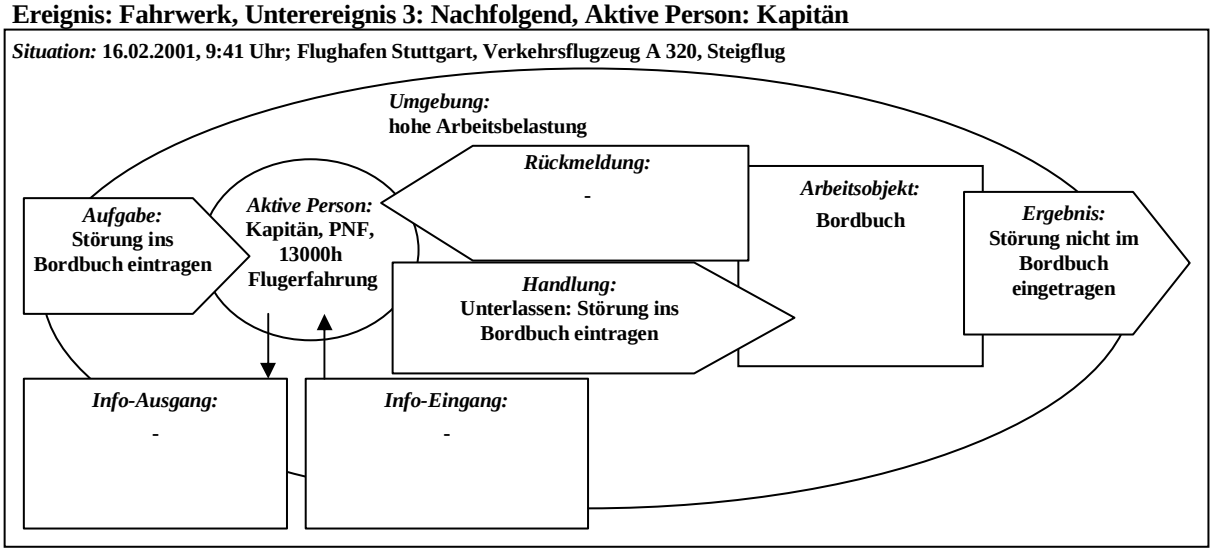


Abbildung 5-5: Ereignis „Fahrwerk" als Abfolge von drei Mensch-Maschine-Systemen

Das Versuchsereignis „Seitenwind“

Das zweite Ereignis besitzt im Vergleich zum ersten sowohl einen dramatischeren Inhalt, als auch einen komplexeren Aufbau. Ein Flugzeug wird kurz vor der Landung von starkem Seitenwind erfasst. Es setzt so hart auf, dass das Bugfahrwerk einknickt und das Flugzeug auf der vorderen Rumpfhülle die Landebahn entlang rutscht. Nachdem die Maschine zum Stillstand gekommen ist, verzögert sich die Evakuierung der Passagiere, weil der Kapitän den Evakuierungsbefehl nicht über die beschädigte Bordsprechanlage durchgeben kann.

Auch dieses Ereignis kann in drei Unterereignisse unterteilt werden, wobei hier die Übereinstimmung der Anzahl mit der beim vorigen Ereignis rein zufälliger Natur ist:

1. Störung (Kursabweichung durch Seitenwind, Aktive Person: Kapitän)

   „Aus Gewohnheit schaltet der Kapitän (Flugerfahrung: 11000 h) erst in einer Höhe von 100 Fuß über der Landebahn den Autopiloten aus, um die Landung manuell durchzuführen. Genau beim Deaktivieren des Autopiloten wird das Flugzeug von einer Windböe erfasst, giert nach rechts und driftet nach links.“

2. Sofortmaßnahme (Steuereingaben, Bruchlandung, Aktive Person: Kapitän)

   „Der Kapitän versucht dies mit Steuereingaben zu korrigieren. In der kurzen Zeit bis zum Aufsetzen gelingt es ihm jedoch nicht, das Flugzeug zu stabilisieren. Durch das harte Aufsetzen knickt das Bugfahrwerk ein. Das Flugzeug rutscht auf der Nase bis zum Stillstand die Landebahn entlang. Dabei wird insbesondere die Bordsprechanlage beschädigt.“

3. Reaktion (Evakuierung, Aktive Person: Flugbegleiter)

   „Die Evakuierung durch die Flugbegleiter wird verzögert, weil der Kapitän wegen Schäden an der Bordsprechanlage den Evakuierungsbefehl nicht sofort durchgeben kann. Dadurch entsteht eine Panik, bei der zwölf Passagiere verletzt werden.“

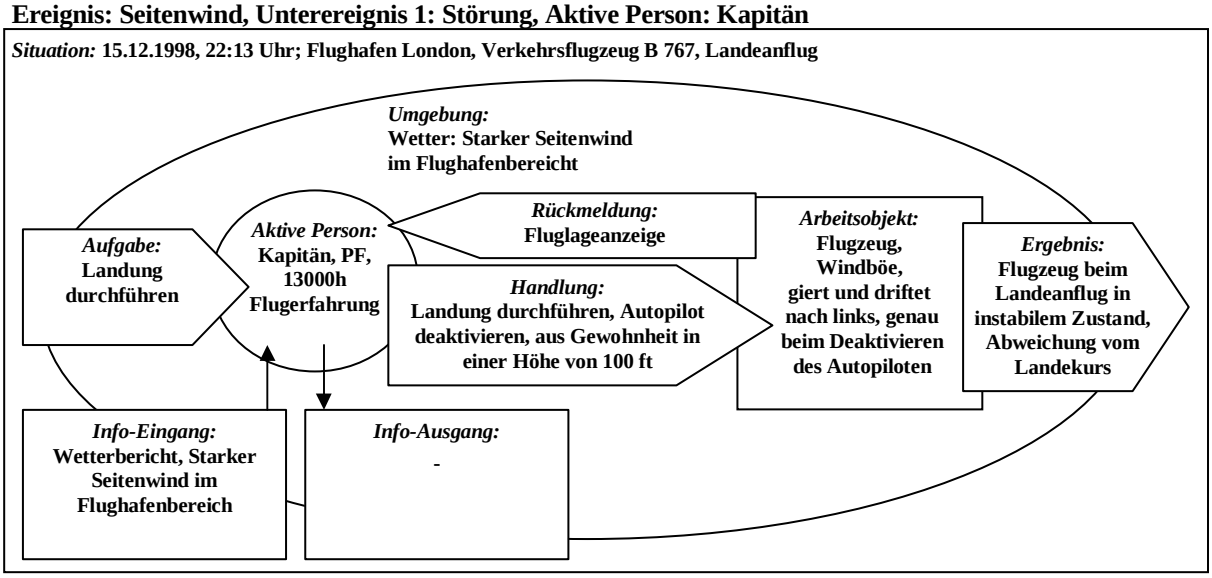
Zu den übergreifenden Informationen bei diesem Ereignis gehören:

„Flughafen London. 15.12.1998, 22.13 Uhr. Eine Boeing 767 befindet sich im Landeanflug. Laut Wetterbericht ist im Flughafenbereich mit starkem Seitenwind zu rechnen. Der Kapitän besitzt eine Flugerfahrung von 11.000 h und ist fliegender Pilot.“

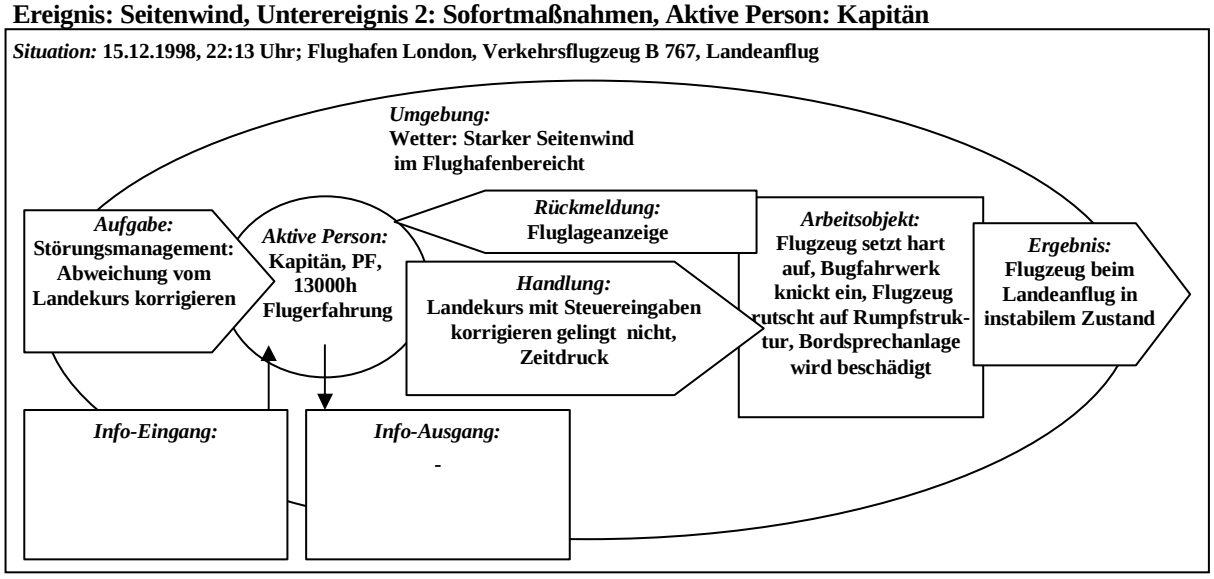
Dieses Versuchsereignis enthält zwei unterschiedliche Problemschwerpunkte. Die misslungene Landung wird durch ein individuelles Verhaltensmuster eines Piloten (gewohnheitsmäßiger Abschaltzeitpunkt des Autopiloten) beeinflusst, das unabhängig von äußeren Bedingungen (ungünstige Windverhältnisse) zu sein scheint. Ob es sich hier um einen Einzelfall oder um ein verbreitetes Verhalten handelt, geht zwar aus der Beschreibung nicht hervor, wäre aber von Interesse für vergleichende Untersuchungen. Die verzögerte Evakuierung stellt dagegen mit Sicherheit ein systematisches Problem dar, das immer dann auftreten kann, wenn aus beliebigen Gründen ein notwendiger Kommunikationsweg unterbrochen ist und dann die nicht erreichbaren Mitarbeiter keine selbständigen Entscheidungen treffen dürfen - was ja grundsätzlich Sinn macht - aber dafür keine Ausnahmeregelungen existieren. Über den Schaden an der Bordsprechanlage sind zwar die beiden Probleme miteinander verknüpft, aus ganzheitlicher Sicht stellt dieses technische Zwischenproblem, als eine Folge der Bruchlandung, jedoch nur eine vordergründige Ursache für die verzögerte Räumung dar. Da Evakuierungen oft gerade nach technischen Störungen erfolgen müssen, sollte diese Prozedur entsprechend tolerant gegenüber solchen Problemen ausgelegt sein. Es muss für den verantwortlichen Flugzeugführer bei Ausfall des Übertragungswegs „Bordsprechanlage“ eine weitere Möglichkeit geben, die Evakuierung auszulösen. Andernfalls müssen für die Flugbegleiter Ausnahmeregelungen vorliegen, die es ihnen unter bestimmten Umständen erlauben, nach eigenem Ermessen Evakuierungen durchzuführen.

Das Ereignis „Seitenwind“ wurde bei der Versuchsvorbereitung als schwieriger zu übertragen eingestuft als das Ereignis „Fahrwerk“. Die Begründung dafür ist, dass die Beschreibung nicht durchgängig chronologisch erfolgt und zugleich mehr Einzelprobleme enthalten sind. Abbildung 5-6 zeigt wieder beispielhaft, wie die Ereignisinformationen auf drei Unterereignissen und deren Komponenten verteilt werden können.

Ereignis: Seitenwind, Unterereignis 1: Störung, Aktive Person: Kapitän



Ereignis: Seitenwind, Unterereignis 2: Sofortmaßnahmen, Aktive Person: Kapitän



Ereignis: Seitenwind, Unterereignis 3: Reaktion, Aktive Person: Flugbegleiter

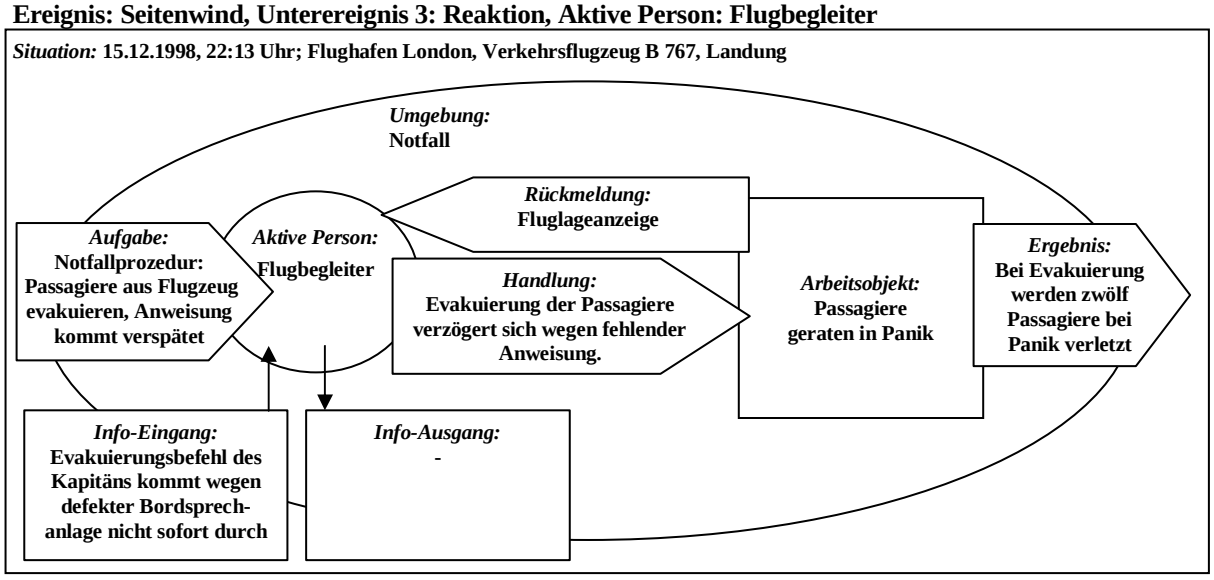


Abbildung 5-6: Ereignis „Seitenwind“ als Abfolge von drei Mensch-Maschine-Systemen

5.4 Allgemeine Ergebnisse

5.4.1 Zeitlicher Aufwand

Die Versuchspersonen (VP) hatten die zeitliche Vorgabe, sich mit jedem Ereignis mindestens 30 Minuten lang zu beschäftigen, es sei denn, die Bearbeitung wurde bereits in kürzerer Zeit aus Sicht der Teilnehmer zufrieden stellend fertig gestellt. Eine längere Beschäftigung mit den Ereignissen war den Versuchspersonen freigestellt. Kurz vor Ablauf der Mindestzeit erhielten sie aber vom Versuchsleiter einen mündlichen Hinweis darauf, dass sie die Bearbeitung nun auch abbrechen dürften. Die eine Hälfte der Teilnehmer bearbeitete zunächst das „Fahrwerk“, die andere begann mit dem „Seitenwind“. Die Bearbeitungsdauer wurde vom Versuchsleiter gemessen und protokolliert. Bei der Auswertung der Bearbeitungsdauer wurden sowohl die beiden Ereignisse als auch deren Reihenfolge berücksichtigt. Aufgrund der Gegebenheit, dass die beiden Ereignisberichte etwa denselben inhaltlichen Umfang besitzen und es sich um Ereignisse handelt, die allen Teilnehmern aufgrund ihrer beruflichen Fachkunde (Luftfahrt-Experten) bekannt sind, wird davon ausgegangen, dass für beide Ereignisse etwa die gleiche Zeit zur Abbildung benötigt wird. Allerdings wird erwartet, dass sich ein leichter Unterschied durch die unterschiedliche Komplexität der Beschreibung einstellen wird, wobei sich auch die chronologische Beschreibung beim „Fahrwerk“-Ereignis wohl verkürzend und die weniger stringente Beschreibung vom Ereignis „Seitenwind“ eher verlängernd auf die Bearbeitungsdauer auswirken wird. Als dritte Erwartung wird damit gerechnet, dass die benötigte Bearbeitungszeit beim zweiten Ereignis, aufgrund der gewonnenen Übung bei der Eingabe des ersten Ereignisses, hoch signifikant (t-Test mit einem Alpha-Fehler von kleiner als einem Prozent) kürzer ausfallen wird.

Von der Möglichkeit, die Bearbeitung am Ende der Mindestzeit abzubrechen, hat keine Versuchsperson offen Gebrauch gemacht. Einige Teilnehmer waren jedoch auch schon vor Ablauf dieser Zeit mit ihrem Ergebnis zufrieden und beendeten die Eingabe. Die Auswertung der protokollierten Zeiten (siehe Anhang G) liefert folgende Werte: Die mittlere Dauer der Eingabe beträgt beim „Fahrwerk“ 41 Minuten und beim „Seitenwind“ 43 Minuten. Dagegen beträgt die mittlere Bearbeitungsdauer für das erste Ereignis 45 Minuten und für das zweite Ereignis 33 Minuten. Bei Standardabweichungen liegen hierbei zwischen 13 und 16 Minuten, siehe Tabelle 5-1, d. h., die jeweiligen Einzelzeiten streuen relativ breit um ihre Mittelwerte (ca. ± 33 Prozent). In einer intervallskalierten Häufigkeitsverteilung der Eingabezeiten, siehe Abbildung 5-7, ist zu erkennen, dass bei dem Ereignis „Seitenwind“ die Verteilung etwas weiter in Richtung längerer Dauer verschoben ist als beim „Fahrwerk“. Beim „Seitenwind“ und beim zweiten Ereignis gibt es jeweils eine auffällige Häufung bei der Mindestzeit von 30 Minuten.

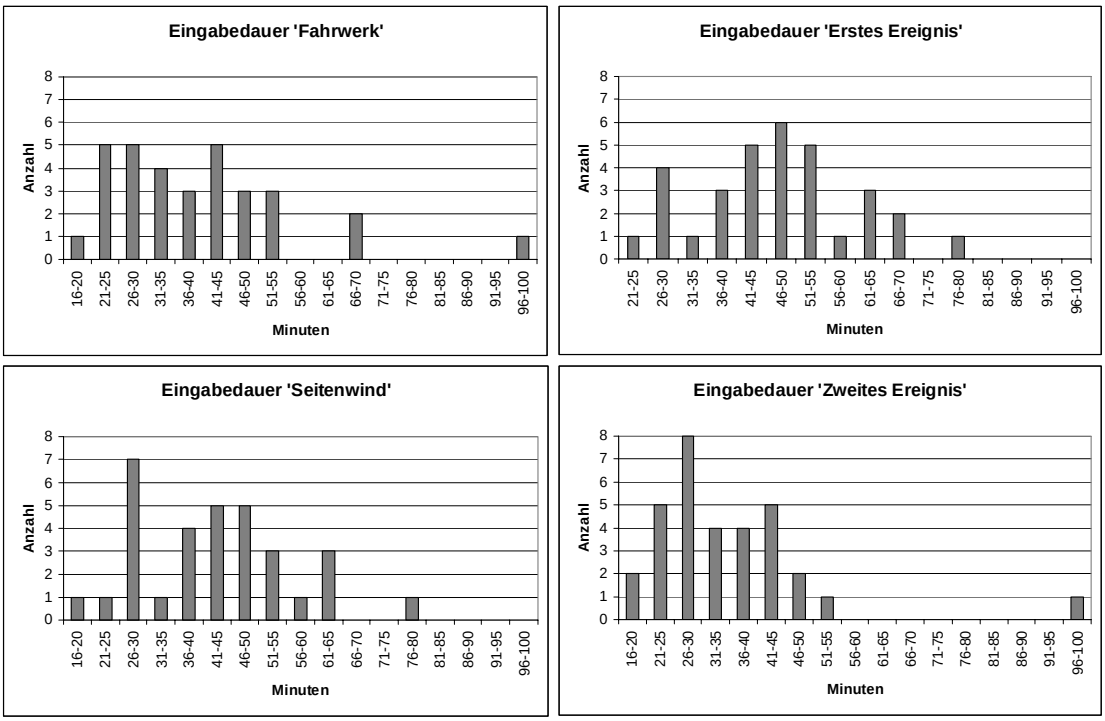


Abbildung 5-7: Histogramme zur Bearbeitungsdauer

Ereignis	Mittelwert Dauer [Minuten]	Standardabweichung Dauer [Minuten]
Insgesamt	42	15,0
Fahrwerk	41	15,9
Seitenwind	43	13,8
Erstes	48	13,0
Zweites	36	14,3
Fahrwerk, wenn Erstes	46	11,5
Seitenwind, wenn Erstes	50	14,2
Fahrwerk, wenn Zweites	35	17,7
Seitenwind, wenn Zweites	37	9,6

Tabelle 5-1: Mittlere Dauer und Standardabweichungen beim Hauptversuch

Bei der ersten Betrachtung der Mittelwerte scheinen sich die anfänglichen Erwartungen zu bestätigen. Die Bearbeitungsdauer vom „Seitenwind“ und „Fahrwerk“ liegen auf ähnlichem Niveau, wobei die Eingabe des „Seitenwinds“ insgesamt rund fünf Prozent länger dauert. Bei Berücksichtigung der Reihenfolge liegt das erste Ereignis 14 Prozent über dem gemeinsamen Mittelwert und das zweite Ereignis entsprechend darunter. Werden Reihenfolge *und* Ereignis berücksichtigt, so dauert der „Seitenwind“ an beiden Positionen zwischen sechs und acht Prozent länger als das „Fahrwerk“. Allerdings hatte der „Seitenwind“ als zweites Ereignis die niedrigste Standardabweichung (9,6 Min) gegenüber dem Fahrwerk mit der höchsten Abweichung (17,7 Min) an dieser Position.

Um die Unterschiede der Stichproben hinsichtlich der Bearbeitungsdauer statistisch abzusichern, wurden zwei gepaarte t-Tests durchgeführt, was möglich war, weil es sich bei beiden Versuchsabschnitten jeweils um die gleichen Personen handelte. Das Ergebnis bestätigt die Ausgangshypothesen und die erste Interpretation der Versuchsergebnisse. Danach gibt es bei der Bearbeitungsdauer der Ereignisse ohne Berücksichtigung der Reihenfolge keinen signifikanten Unterschied, bei entsprechend geringen β-Fehler hinsichtlich der Nullhypothese. Dagegen ergibt sich vom ersten zum zweiten Ereignis hin eine hoch signifikante Zeitverkürzung. Die Ergebnisse der t-Tests sind in Tabelle 5-2 aufgeführt.

Hypothese	t-Test Typ	α-Fehler	β-Fehler
$D_{Fahrwerk} \neq D_{Seitenwind}$	zweiseitig, gepaart	0,475 > 0,1 → kein signifikanter Unterschied:	< 5 Prozent → signifikant
$D_{erstes} > D_{zweites}$	einseitig, gepaart	0,0008 < 0,01 → hoch signifikanter Unterschied	> 5 Prozent → nicht signifikant

Tabelle 5-2: t-Test zum Vergleich der Bearbeitungsdauer (D)

Aus der Distanz betrachtet erfordern die eigentlich sehr kurz gehaltenen Ereignisse relativ lange Bearbeitungszeiten. Um zu ermitteln, ob sich diese Bewertung mit dem subjektiven Eindruck der Versuchspersonen deckt, wurde nach dem Versuch die Einschätzung des zeitlichen Aufwands abgefragt. Dabei schätzten 62,5 Prozent der Teilnehmer den Zeitaufwand als angemessen ein, die übrigen bewerten ihn als erhöht bis hoch, siehe Abbildung 5-8. Die Werte „niedrig“ und „viel zu hoch“ wurden nicht ausgewählt. Eine Person hat hierzu keine Angaben gemacht. Übertragen auf eine Skala von 1 bis 5 liegt der Mittelwert der Angaben mit 2,45 etwa genau zwischen den Einschätzungen „angemessen“ und „erhöht“.

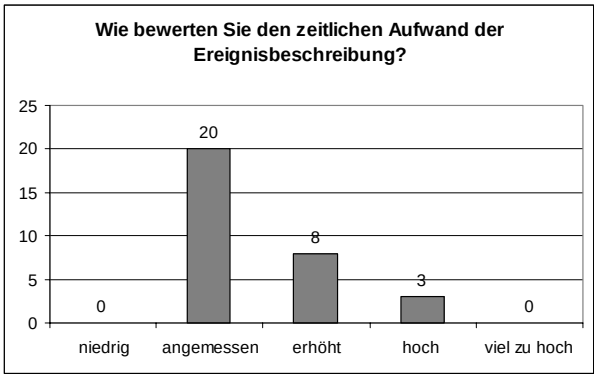


Abbildung 5-8: Bewertung des Zeitaufwands durch die Versuchspersonen

Demzufolge liegt der subjektive Eindruck der Versuchspersonen in einem noch akzeptablen Bereich, zumal zu erwarten ist, dass sich die Bearbeitungszeit mit zunehmender Übung weiter verkürzen wird. Dies kann allerdings wiederum auch einen Einfluss auf die subjektive Bewertung des zeitlichen Aufwands zur Folge haben. Im Rahmen der hier durchgeführten Untersuchung wird nicht geklärt, ob diese Annahme tatsächlich zutrifft.

5.4.2 Schwierigkeit der Eingabe

Aus den in Abschnitt 5.3.4 dargelegten Gründen wurde angenommen, dass den Versuchspersonen die Übertragung des „Seitenwinds“ schwerer fallen würde als die des „Fahrwerks“. Um dies zu prüfen, wurden die Teilnehmer nach dem Versuch zu der subjektiv empfundenen Schwierigkeit der Eingabe befragt. Das Ergebnis bestätigt die ursprüngliche Hypothese. Insgesamt wurde die Übertragung des „Fahrwerks“ von 43,8 Prozent der Personen als einfacher empfunden als die des „Seitenwinds“ (46,9 Prozent). 9,3 Prozent machten die Angabe, dass sie keine Unterschiede in der Schwierigkeit empfunden hätten. Wird bei der Auswertung der Schwierigkeit die Reihenfolge berücksichtigt, so empfanden 59,4 Prozent der Versuchspersonen das erste Ereignis und 31,3 Prozent das zweite als schwieriger. Wird zusätzlich zur Reihenfolge auch zwischen den Ereignissen differenziert, siehe Abbildung 5-9, so wird die Behauptung eingeschränkt, dass von vorne herein sicher vorhergesagt werden konnte, welches der beiden Ereignisse für einen Teilnehmer schwieriger zu übertragen sein würde. Beide Ereignisse liegen auf ähnlichem Niveau, wobei sich jedoch die Anzahl der Stichproben durch die Differenzierung reduziert. Dagegen ist die Aussage, dass einer Person die Übertragung des zweiten Ereignisses leichter fällt als die des ersten, unabhängig davon, mit welchem Ereignis sie begonnen hat. Der Korrelationskoeffizient zwischen zeitlichem Aufwand und empfundener Schwierigkeit bei Berücksichtigung der Reihenfolge liegt bei r = 0,91, was allgemein eine sehr hohe Korrelation darstellt (ZÖFEL, 2001).

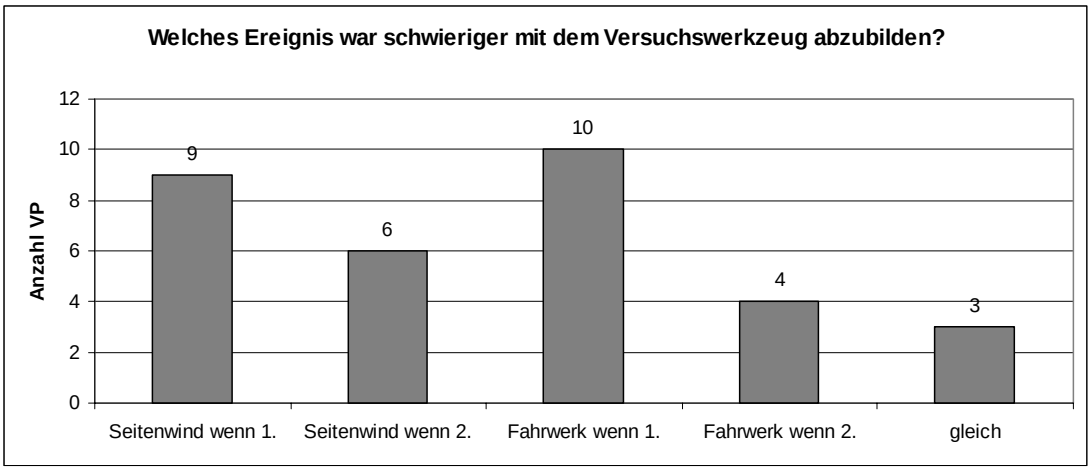


Abbildung 5-9: Subjektives Empfinden der Schwierigkeit der Ereigniserfassung in Abhängigkeit von Ereignis und Eingabereihenfolge

5.4.3 Übungseffekt

Anhand der Ergebnisse über die Versuchsdauer und der empfundenen Schwierigkeit zeichnet sich ein Übungseffekt ab, der möglicherweise dazu beiträgt, dass sich die Versuchdauer vom ersten zum zweiten Ereignis verkürzt und auch die empfundene Schwierigkeit der Übertragung entsprechend abnimmt. Nach Abschluss der Ereigniseingaben sollten die Versuchspersonen deshalb auch Angaben dazu machen, ob sie während des Versuches bei sich einen Übungseffekt feststellen konnten. Dabei gaben über 84 Prozent an, einen mehr als „leichten“ Übungseffekt festgestellt zu haben, wovon über 37 Prozent diesen Effekt mit der Steigerung „sehr sogar“ besonders betonten, siehe Abbildung 5-10.

Die objektive Zeitverkürzung, die Abnahme der subjektiv empfundenen Schwierigkeit der Übertragung vom ersten zum zweiten eingegebenen Ereignis und der individuell festgestellte Übungseffekt werden als Beleg dafür gewertet, dass das Versuchswerkzeug mit der integrierten Methode die Forderung nach einer allgemein leichten Erlernbarkeit erfüllt.

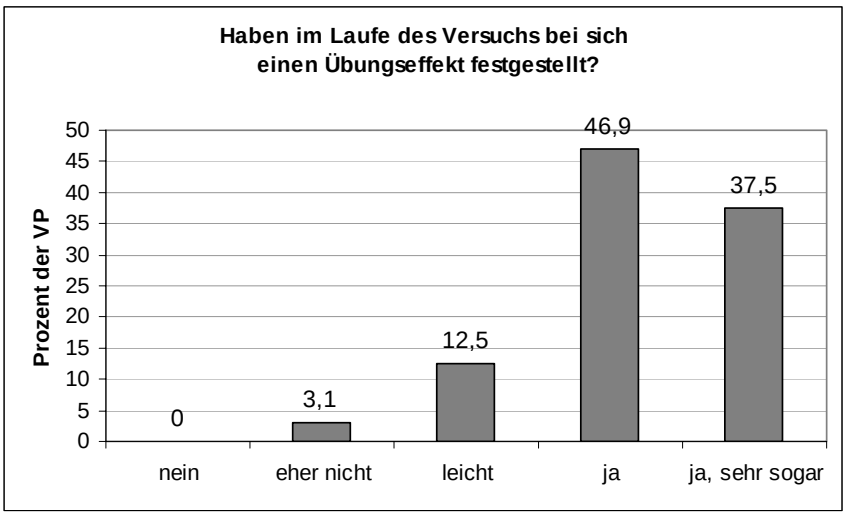


Abbildung 5-10: Subjektiver Übungseffekt bei der Ereigniseingabe

5.5 Auswertungen mit Blick auf Reliabilität und Validität

5.5.1 Auswertung der Unterteilung und Strukturierung

Während des Versuchs hatten die Versuchspersonen die Möglichkeit - was auch im Sinne der Erfassungsmethode war - die Ereignisse in mehrere Unterereignisse (UE) zu unterteilen. Natürlich gab es für die Teilnehmer die grundsätzliche Option, alle relevanten Daten in einem einzigen Unterereignis abzubilden. Dies wurde jedoch nur von zwei der 32 Versuchspersonen so umgesetzt, und zwar jeweils bei beiden Ereignissen.

Bei der Auswertung der Unterteilung wird in einer ersten allgemeinen Betrachtung nur die Anzahl der gebildeten Unterereignisse ausgezählt. Bei den Musterlösungen, die den VP nicht bekannt waren, sind beide Versuchsereignisse per Zufall in jeweils drei Unterereignisse unterteilt worden. Bei beiden Ereignissen liegt der Mittelwert der Unterereignisanzahl bei rund drei Unterteilungen mit einer Standardabweichung von etwa eins, siehe Tabelle 5-3. Allerdings ist bei der Verteilung vom Ereignis „Fahrwerk“ zu erkennen, dass die Mehrheit der Versuchspersonen jeweils zur Hälfte drei oder vier Unterereignisse gebildet hat. Beim „Seitenwind“ ist dagegen ein leicht höherer Scheitelwert bei drei Unterteilungen und eine breitere Streuung erkennbar. Zwar wählten fast 47 Prozent der VP eine Version mit drei Unterereignissen, jeweils rund ein Fünftel der VP verteilte die Informationen jedoch auch auf zwei bzw. fünf Unterereignisse. In Abbildung 5-11 sind die Häufigkeitsverteilungen der Anzahl der Unterereignisse als Balkendiagramme dargestellt.

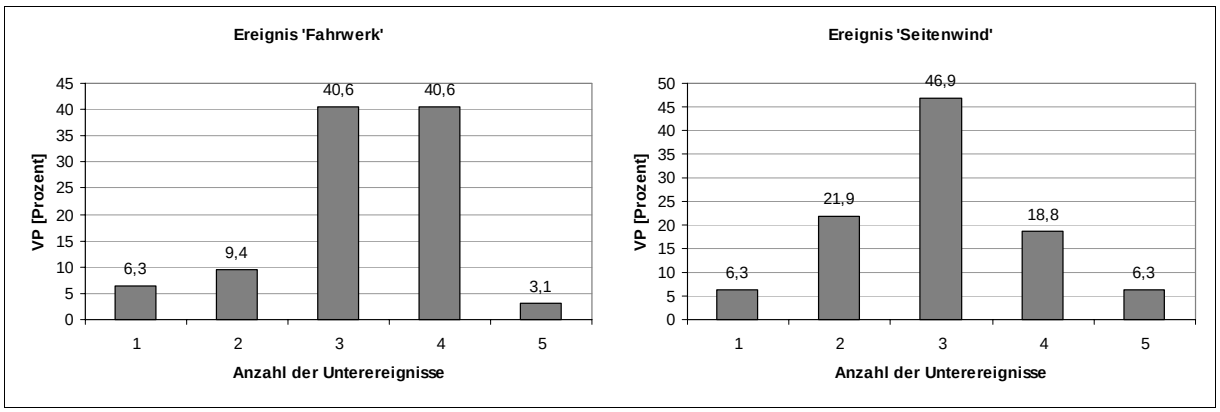


Abbildung 5-11: Verteilung der Häufigkeit der Anzahl der Unterereignisse

Ereignis	Anzahl der Unterereignisse	
	Mittelwert	Standardabweichung
Fahrwerk	3,3	0,91
Seitenwind	3,0	0,95

Tabelle 5-3: Mittelwert und Standardabweichung bei der Anzahl der Unterereignisse

Um die Unterteilung tiefer auszuwerten, und um die Gründe für die Abweichungen und die Unterschiede in der Breite der Verteilungen beurteilen zu können, werden im Folgenden die Grenzen und der Inhalt der einzelnen Unterereignisse betrachtet. Dazu werden die Ereignisberichte zunächst in Informationsblöcke zerlegt und anschließend betrachtet, in welchen Unterereignissen der Versuchsergebnisse sich genau diese Inhalte zumindest sinngemäß wiederfinden. Die Informationsblöcke bestehen aus einzelnen oder mehreren unmittelbar zusammenhängenden Informationsinhalten. Die Zerlegung des Ereignisses „Fahrwerk“ in Informationsblöcke ist in Tabelle 5-4 dargestellt. Die Blöcke entsprechen bei diesem Ereignis fast durchweg den einzelnen Sätzen des Beschreibungstextes. Die markierten Situationsdaten, die hier im ersten Informationsblock enthalten sind, werden dabei nicht berücksichtigt, da sie sich ohnehin in den meisten erstellten Unterereignissen wiederfinden. Das Ergebnis der Durchsicht der im Versuch erzeugten Beschreibungen ist in Tabelle 5-5 dargestellt. (Beim Ereignis „Seitenwind“ wird anschließend auf die gleiche Weise vorgegangen.)

Ereignis „Fahrwerk“	
Informationsblock	***Inhalt***
Flugzeug starten	**Ein Verkehrsflugzeug vom Typ Airbus A 320 startet (am 16. Februar 2001, um 9.41 Uhr Ortszeit, vom Flughafen Stuttgart = *für alle Informationsblöcke geltende formale Situationsangaben*)** **Der Kapitän (13.000 h Flugerfahrung) ist fliegender Pilot.**
Fahrwerk einfahren	**Nach Abheben und Erreichen einer positiven Steigrate soll der Erste Offizier (5.000 h) das Fahrwerk einfahren. Er bedient dazu den Fahrwerkshebel.**
Geräusche	**Aus dem Rumpf sind knarrende Geräusche zu hören.**
Kontrolllichter	**Kontrolllichter zeigen an, dass das linke Hauptfahrwerk nicht ordnungsgemäß eingefahren sei.**
Mitteilung	**Der Erste Offizier teilt diesen Umstand dem Kapitän mit.**
Rollentausch	**Dieser übergibt die Rolle des fliegenden Piloten an den Ersten Offizier.**
Steigflug fortsetzen	**Er gibt ihm die Anweisung den Steigflug fortzusetzen und widmet sich der Störung.**
Diskussion	**Nach kurzer Diskussion mit seinem Ersten Offizier ...**
Gegenmaßnahme	**... versucht der Kapitän das Problem dadurch zu lösen, indem er das Fahrwerk erneut aus- und wieder einfährt.**
Fahrwerk fährt ein	**Bei dieser Gegenmaßnahme wird das Fahrwerk ohne Knarrgeräusche und laut Kontrollanzeigen ordnungsgemäß eingefahren.**
Bordbucheintrag	**Die Besatzung vergisst jedoch, wegen hoher Arbeitsbelastung im weiteren Flugverlauf, die Störung ins Bordbuch einzutragen.**

Tabelle 5-4: Informationsblöcke beim Ereignis „Fahrwerk“

Versuch-Nr./ Anzahl UE	Flugzeug starten	Fahrwerk einfahren	Geräusche	Kontroll-lichter	Mitteilung	Rollentausch	Steigflug fortsetzen	Diskussion	Gegen-maßnahme	Fahrwerk fährt ein	Bordbuch-eintrag
4/1						1/K					
14/1				1/B...				...1/B			
6/2					1/FO				2/K		
12/2		1/FO				2/K…			…2/K		
30/2		1/FO							2/K		
0/3		1/FO				2/K					3/K
2/3	1/K						3/K...		...3/K		
		2/FO									
8/3		1/PF				2/P...			...2/P		3/PNF
11/3		1/FO									
		2/K									
		3/K…							…3/K		
16/3		1/FO					2/K				3/B
20/3			2/FO								1/B
							3/K				
21/3	1/K	2/FO			3/K						
23/3	1/PF								2/K		3/B
24/3	1/K	2/FO...				…2/F		3/K			
25/3		1/FO				2/K					3/B
26/3		1/FO					2/K…		…2/K		3/B
29/3	1/B										3/B
		2/K...							...2/K		
31/3	1/K	2/FO					3/K				
1/4	1/K	2/FO							3/K		4/B
3/4		1/FO				2/K		3/K			4/B
5/4		1/PF						3/PF			
		2/FO						4/PF			
9/4		1/FO				2/K			3/K		4/K
10/4	1/PF	2/PF				3/K			4/K		
13/4		1/FO				2/B			3/K		4/B
15/4[1]		2/FO					3/K...		...3/K		4/K
17/4	1/K					2/B...		...2/B			4/B
									3/K		
18/4	1/PF				2/FO...		...2/FO		3/FO		4/B
19/4	1/FO					2/K		3/K			4/B
22/4		1/FO					2/K		3/K		4/K
27/4	1/K	2/FO			3/K…			…3/K			4/B
28/4	1/K		2/FO				3/K				4/B
7/5	1/K	2/FO				3/K			4/K		5/B

Tabelle 5-5: Unterteilung des „Fahrwerk"-Ereignisses[2]

[1] Unterereignis 1 enthält nur Situationsdaten und lässt sich zeitlich nicht einordnen.

[2] Abkürzungen: B...Besatzung, FO...Erster Offizier, K-Kapitän, P...Pilot, PF...Fliegender Pilot, PNF...Nicht fliegender Pilot. Die Zahlen vor den Personen in den Zellen (z. B. 3/K) stellen die Nummer des jeweiligen Unterereignisses dar. Die Sortierung der Zeilen erfolgt gemäß der Gesamtanzahl der Unterereignisse. Mehrere Zeilen pro Versuch treten dann auf, wenn es bei der Beschreibung zu Überlappungen von Unterereignissen gekommen ist.

Betrachtung der Unterteilung beim „Fahrwerk“

Die Darstellung der Unterteilung in Tabelle 5-5 erweckt zugegebenermaßen den ersten Eindruck, dass das Ereignis „Fahrwerk“ insgesamt sehr unregelmäßig und lückenhaft unterteilt wurde. Trotzdem sind bei einer spaltenweisen Betrachtung drei Schwerpunkte noch deutlich erkennbar. Diese sind erstens die Kombination der Blöcke „Fahrwerk einfahren“, „Geräusche“ und „Kontrolllichter“, zweitens der Verbund „Gegenmaßnahme“ und „Fahrwerk fährt ein“ und als dritter Schwerpunkt der Block über den Eintrag ins Bordbuch. Weniger stark vertreten sind: die anfängliche Aufgabe des Ersten Offiziers, dessen Mitteilung an den Kapitän und der anschließende Rollentausch. Die Unregelmäßigkeit der Unterteilung wird besonders dann offensichtlich, wenn als Vergleich die Unterteilung des zweiten Versuchsereignisses herangezogen wird, siehe Tabelle 5-7. Nach den beiden Einzelbetrachtungen erfolgt deshalb eine vergleichende Untersuchung der beiden Ereignisse. Zunächst aber wird ausschließlich die „Fahrwerks“-Unterteilung betrachtet. In Tabelle 5-5 sind die einzelnen Versuchsergebnisse bereits entsprechend der Anzahl der Unterereignisse geordnet. Die nun folgende Auswertung ist entsprechend dieser Reihenfolge gegliedert.

Ein Unterereignis

Zwei Versuchspersonen (VP Nr. 4, 14) haben die für sie wesentlichen Daten des „Fahrwerk“-Ereignisses jeweils in einem einzigen Unterereignis beschrieben. Diese beiden Teilnehmer stellen zwar keine repräsentative Anzahl dar, doch es lohnt sich trotzdem, einen Blick darauf zu werfen, welche Informationen bei einer solch konzentrierten Beschreibung berücksichtigt wurden. Beide Beschreibungen enthalten in der Komponente „Situation“ die allgemeinen Angaben zu Ort, Datum, Zeit und Flugphase. VP 14 hat die beiden Piloten gemeinsam unter der Bezeichnung „Besatzung“ als Aktive Person zusammengefasst, die andere Versuchsperson hat diese Rolle dem Kapitän allein zugewiesen. Die Beschreibung der VP 14 konzentriert sich auf das nicht richtig eingefahrene Fahrwerk, das Erkennen dieses Zustands an den Kontrollanzeigen, den Rollentausch der Piloten, ihre Diskussion und die Gegenmaßnahme des erneuten Aus- und Einfahrens. Den Geräuschen aus dem Rumpf wurde keine Bedeutung zugemessen, und auch die unterlassene Eintragung ins Bordbuch blieb unerwähnt. VP 4 erwähnt lediglich die unmittelbare Reaktion des Kapitäns, in Form von Rollentausch, Anweisung zur Fortsetzung des Steigflugs und die Diskussion mit seinem Kopiloten. Als Ursache dieser Handlungen wird die technische Störung nur am Rande erwähnt. Auch VP 4 misst dem unterlassenen Eintrag keine erwähnenswerte Bedeutung zu. Die beiden Beschreibungen unterscheiden sich dadurch, dass sich die eine auf die wesentlichsten Aspekte beschränkt, während die andere keine nachvollziehbare oder erkennbar strukturierte Darstellung aufweist.

Zwei Unterereignisse

Drei Versuchspersonen (VP Nr. 6, 12, 30) haben das Ereignis „Fahrwerk“ mit zwei Unterereignissen beschrieben. Bei allen drei Teilnehmern ist im ersten Unterereignis der Erste Offizier und im zweiten der Kapitän die Aktive Person. VP 6 beginnt das erste Unterereignis mit der Signalisierung des Problems durch die Kontrolllichter und endet mit dem Rollentausch. Die VP 12 und 30 beginnen das erste Unterereignis bereits mit der an den Ersten Offizier gestellten Aufgabe, das Fahrwerk einzufahren. VP 12 endet mit den Kontrolllichtern, VP 30 beschreibt im ersten Unterereignis den Ablauf bis zum Rollentausch. Die Trennung der Unterereignisse erfolgt bei allen spätestens beim Rollentausch PF ↔ PNF. Bei zwei Versuchpersonen (6, 30) gehört der Rollentausch noch zum ersten Unterereignis, VP 12 beginnt damit das zweite. Bei allen Teilnehmern sind im zweiten Unterereignis die Gegenmaßnahme und der unterlassene Eintrag ins Bordbuch enthalten. Die Fortsetzung des Steigflugs und die Diskussion zwischen den Piloten wird von keinem beschrieben. VP 12 verzichtet auf die Erwähnung der Mitteilung. Keine der Versuchspersonen beschreibt explizit – mit Ausnahme der Angaben in den Situationsdaten – die anfängliche Situation des Startrollens.

Drei Unterereignisse

13 Versuchspersonen (Nr. 0[1], 2, 8, 11, 16, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 29, 31) haben das Ereignis in drei Unterereignisse aufgeteilt. Auf den ersten Blick unterscheidet sich die Variante mit drei Unterereignissen gegenüber der Lösung mit zwei Unterteilungen dadurch, dass der unterlassene Eintrag ins Bordbuch von

[1] Die ‚Musterlösung’ VP 0 wird bei der Auswertung hier mitberücksichtigt.

über der Hälfte der Teilnehmer in einem eigenen Unterereignis beschrieben wird. Ebenfalls knapp die Hälfte der Versuchspersonen beginnt das erste Unterereignis mit der Darstellung der Ausgangssituation, dass sich das Flugzeug beim Startvorgang befindet. Fünf Versuchsteilnehmer beginnen mit der an den Ersten Offizier gestellten Aufgabe, das Fahrwerk einzufahren. Zwei sehen den Beginn erst im Auftreten der ungewöhnlichen Geräusche. Die Dauer des ersten Unterereignisses fällt uneinheitlich aus. Bei zwölf Personen ist der Bereich vom ersten Einfahren des Fahrwerks bis zur Kontrollanzeige in einem gemeinsamen Unterereignis beschrieben. Davon gehört bei sechs Versuchspersonen auch die Mitteilung des Problems zu diesem Abschnitt. Bei sechs anderen gehören die Mitteilung und der Rollentausch, und bei zwei weiteren nur letzterer nicht zu den übertragenen Informationen. Nach dem Rollentausch beginnt bei zehn Versuchspersonen das zweite Unterereignis, das sich dann, mit vereinzelten Lücken, bis zum ordnungsgemäßen Einfahren des Fahrwerks erstreckt. Zwei von diesen verzichten auf die Erwähnung, dass der Steigflug fortgesetzt wurde, drei auf die Beschreibung der Diskussion. Bei allen Versuchspersonen gehören dagegen die Gegenmaßnahme und deren erfolgreiches Resultat zum selben Unterereignis. Sieben Teilnehmer beschreiben den unterlassenen Eintrag ins Bordbuch in einem Unterereignis. Bei sechs anderen gehört dies noch zum Vorhergehenden. Ein Teilnehmer hat auf die Erwähnung des Bordbuchs ganz verzichtet. Neun Versuchspersonen haben den ersten Schwerpunkt (Problem tritt auf) dem Ersten Offizier zugeordnet. Beim zweiten Schwerpunkt (Gegenmaßnahme) hat bei zwölf Personen der Kapitän die Rolle der Aktiven Person. Der dritte Aspekt (Bordbuch) wurde von je sechs Personen der Besatzung und dem Kapitän zugeordnet, wobei ein Teilnehmer das Bordbuch in zwei Unterereignissen beschrieben hat, einmal aus Sicht der Besatzung und einmal aus der Sicht des Kapitäns. Als grobe Orientierung besteht die Version mit drei Unterereignissen aus folgender Gliederung: Problem tritt auf, Gegenmaßnahme, Nachbereitung.

Vier Unterereignisse

Ebenfalls 13 Versuchspersonen (Nr. 1, 3, 5, 9, 10, 13, 15, 17, 18, 19, 22, 27, 28) haben das Ereignis mit insgesamt vier Unterereignissen abgebildet. Die Version mit vier Abschnitten unterscheidet sich, bei einer groben Betrachtung, von der Dreierlösung dadurch, dass zwischen „Mitteilung, Rollentausch“ und „Steigflug fortsetzen“ ein weiteres Unterereignis eingefügt wurde, das seinen Platz zwischen Problemauftritt und Gegenmaßnahme einnimmt und den Prozess der „Problemanalyse und Entscheidung über Gegenmaßnahmen“ beschreibt. Allerdings handelt es sich dabei um einen eher schwächeren Aspekt, wie sich auch aus der nachfolgenden Detailbetrachtung ergibt. Bei sieben Versuchspersonen beginnt die Darstellung des Ablaufs mit dem Start des Flugzeugs, die übrigen sechs beginnen mit dem ersten Einfahren des Fahrwerks. Bei zwölf Teilnehmern ist die Kombination „Fahrwerk einfahren, Geräusche und Kontrolllichter“ zusammenhängend in einem Unterereignis beschrieben, und repräsentiert damit die Ereignisphase „Problemauftritt“. Der Bereich von „Mitteilung“ bis „Diskussion“ (=Problemanalyse) zeigt eine sehr uneinheitliche und lückenhafte Belegung. Hier wurden einzelne kurze Unterereignisse eingefügt, oder der Bereich wird vom vorausgehenden oder nachfolgenden Unterereignis angeschnitten. Ein einheitlicheres Bild liefert dann erst wieder der Bereich ab der „Gegenmaßnahme“. Elf Versuchspersonen haben „Gegenmaßnahme“ und „Fahrwerk fährt ein“ zwar nicht ausschließlich, aber doch zusammenhängend in einem Unterereignis beschrieben. Ebenso haben elf Personen die Angelegenheit mit dem Bordbuch in einem letzten Unterereignis separat angehängt. Zehn Versuchspersonen haben den ersten Schwerpunkt (Problem tritt auf) dem Ersten Offizier zugeordnet. Die Schwerpunkte „Analyse“ und „Gegenmaßnahme“ hat bei zwölf Personen der Kapitän die Rolle der Aktiven Person. Der unterlassene Eintrag ins Bordbuch wurde von je sechs Versuchsteilnehmern der Besatzung bzw. dem Kapitän zugeordnet.

Fünf Unterereignisse

Zum Abschluss der Betrachtung der „Fahrwerks“-Unterteilung erfolgt noch interessehalber ein Blick auf die Version mit fünf Unterereignissen, die von nur einer einzigen Versuchsperson erzeugt wurde. Das erste Unterereignis enthält nur die allgemeinen Eingangsinformationen, das zweite deckt das Auftreten der Störung ab. Das dritte Unterereignis enthält den Rollentausch als einzige Sofortmaßnahme, das vierte die Gegenmaßnahme „Erneutes Aus- und Einfahren des Fahrwerks“ und das fünfte Unterereignis deckt die unterlassene Eintragung ins Bordbuch ab. Nicht beschrieben werden die Abschnitte über die Kommunikation, wie die Mitteilung des Problems, die Anweisung zum Fortsetzen des Steigflugs und die Diskussion über die Handlungsalternativen. Auch das Ergebnis der Gegenmaßnahme wird nicht explizit erwähnt.

Informationsblöcke beim Ereignis „Seitenwind“

Entsprechend der Vorgehensweise beim „Fahrwerk“ wird nun auch das Ereignis „Seitenwind“ in einzelne Informationsblöcke zerlegt, in denen jeweils sinngemäß zusammengehörende Einzelinformationen enthalten sind, siehe Tabelle 5-6. Da bei diesem Ereignis teilweise auch in einzelnen Sätzen mehrere Sachverhalte zusammengefasst sind, werden hier in zwei Fällen einzelne Sätze aufgebrochen oder gemäß der Chronologie umgestellt, wodurch ebenfalls die höhere Komplexität des „Seitenwinds“ gegenüber dem „Fahrwerk“ zum Ausdruck kommt. Beispielsweise enthält bereits die Aussage *„die Evakuierung durch die Flugbegleiter wird verzögert, weil der Kapitän wegen Schäden an der Bordsprechanlage den Evakuierungsbefehl nicht sofort durchgeben kann“*, drei Teilinformationen in nicht chronologischer Reihenfolge. Nach Ursache und Wirkung kausal geordnet, ergibt sich folgende Abfolge:

1. Die Bordsprechanlage wird beschädigt.
2. Der Kapitän will den Evakuierungsbefehl durchgeben, kann es aber nicht sofort wegen der Schäden an der Bordsprechanlage.
3. Die Evakuierung der Passagiere wird verzögert, weil die Flugbegleiter den Befehl abwarten.

Es wird angenommen, dass solche verschachtelten oder ungeordneten Darstellungen die Nachvollziehbarkeit von Sachverhalten erschweren. Bei der Auswertung werden in den Informationsblöcken diese Vermengungen - einem einheitlichen Detaillierungsgrad entsprechend - wieder aufgetrennt.

Ereignis „Seitenwind“	
Informationsblock	***Inhalt***
Landeanflug	**(Flughafen London. 15.12.1998, 22.13 Uhr = *für alle Informationsblöcke geltende formale Situationsangaben.)*** **Eine Boeing 767 befindet sich im Landeanflug. Der Kapitän (11.000 h Flugerfahrung) ist fliegender Pilot.**
Wetterbericht	**Laut Wetterbericht ist im Flughafenbereich mit starkem Seitenwind zu rechnen.**
Autopilot abschalten	**Aus Gewohnheit schaltet der Kapitän den Autopiloten erst in einer Höhe von 100 Fuß über der Landebahn aus, um die Landung manuell durchzuführen.**
Windböe	**Genau beim Deaktivieren des Autopiloten wird das Flugzeug von einer Windböe erfasst,...**
Gieren und Driften	**... giert nach rechts und driftet nach links.**
Steuereingaben	**Der Kapitän versucht dies mit Steuereingaben zu korrigieren. In der kurzen Zeit bis zum Aufsetzen gelingt es ihm jedoch nicht, das Flugzeug zu stabilisieren.**
Hartes Aufsetzen	**Durch das harte Aufsetzen knickt das Bugfahrwerk ein.**
Bruchlandung	**Das Flugzeug rutscht auf der Nase bis zum Stillstand die Landebahn entlang.**
Fehldurchsage	**... weil der Kapitän, wegen Schäden an der Bordsprechanlage, den Evakuierungsbefehl nicht sofort durchgeben kann.**
Evakuierung	**Die Evakuierung durch die Flugbegleiter wird verzögert, ...**
Panik, Verletzung	**Dadurch entsteht eine Panik, bei der zwölf Passagiere verletzt werden.**

Tabelle 5-6: Informationsblöcke beim Ereignis „Seitenwind“

Die von den Versuchspersonen über den „Seitenwind“ erzeugten Darstellungen werden wie beim „Fahrwerk“ dahingehend durchgesehen, in welchen Unterereignissen sich die Informationen der einzelnen Blöcke schwerpunktmäßig wiederfinden. Auch hier werden die allgemeinen formalen Situationsdaten, die im ersten Block enthalten sind, nicht berücksichtigt, da sie sich in fast allen Unterereignissen wiederfinden. Das Ergebnis dieser Durchsicht ist in Tabelle 5-7 dargestellt.

Versuch-Nr./ Anzahl UE	Landeanflug	Wetterbericht	Autopilot abschalten	Windböe	Gieren und Driften	Steuereingaben	Hartes Aufsetzen	Bruchlandung	Fehldurchsage	Evakuierung	Panik, Verletzung
4/1	1/K										
14/1	1/K										
5/2					1/K				2/PF		
6/2			1/K						2/FB		
13/2		1/K							2/K		
20/2	1/PF								2/FB		
25/2	1/K								2/FB		
29/2	1/K								2/FB		
31/2	1/K										
					2/K						
0/3	1/K					2/K			3/FB		
2/3	1/PF					2/K			3/FB		
8/3	1/P				2/P				3/P		
10/3	1/PF					2/PF			3/FB		
11/3	1/K					2/K			3/FB		
12/3	1/PF					2/PF			3/FB		
16/3	1/K					2/K			3/K		
17/3	1/K								3/B		
					2/K						
19/3	1/K					2/K			3/FB		
21/3	1/K					2/K			3/FB		
22/3	1/K				2/K				3/FB		
23/3	1/PF					2/PF			3/FB		
24/3	1/K					2/K			3/FB		
26/3	1/K			2/K					3/PAX		
27/3	1/K					2/K			3/FB		
30/3	1/K					2/K			3/FB		
32/3	1/PF					2/PF			3/FB		
3/4	1/K				2/K				4/K		
							3/K				
7/4	1/K		2/K		3/K				3/FB		
9/4	1/K					2/K			3/FB		4/PAX
18/4	1/PF								3/PF	4/FB	
								2/S			
28/4	1/K			2/K					3/K	4/FB	
1/5	1/K				2/K			3/K	4/K	5/FB	
15/5	1/PF			2/PF		3/PF			4/FB		5/PAX

Tabelle 5-7: Chronologische Strukturierung des „Seitenwind"-Ereignisses[1]

[1] Abkürzungen: B...Besatzung, FO...Erster Offizier, K...Kapitän, P...Pilot, PAX...Passagiere, PF...Fliegender Pilot. Die Zahlen vor den Personen in den Zellen (z. B. 3/K) stellen die Nummern der jeweiligen Unterereignisse (UE) dar. Die Sortierung der Zeilen erfolgt gemäß der Gesamtanzahl der Unterereignisse. Mehrere Zeilen pro Versuch treten dann auf, wenn es zu Überlappungen bei den Unterereignissen gekommen ist.

Unterteilung beim Ereignis „Seitenwind“

Allgemein

Im Gegensatz zur Unterteilung des „Fahrwerks“ gibt die des „Seitenwinds“ auf den ersten Blick ein wesentlich harmonischeres Bild ab. In Tabelle 5-7 sind drei Bereiche zu erkennen, die sich deutlich voneinander abgrenzen. Vom „Landeanflug“ bis zum „Gieren und Driften“ entwickelt sich das Problem. Daran schließen sich als zweiter Schwerpunkt die Gegenmaßnahmen in Form von „Steuereingaben“ an, mit denen jedoch die dazu gehörende „Bruchlandung“ nicht verhindert wird und als dritter Bereich folgt schlussendlich die verzögerte Evakuierung. Die überwiegende Mehrzahl der Versuchspersonen hat sich an diesen Schwerpunkten orientiert und das Ereignis entsprechend unterteilt. Auch bei abweichender Zahl von Unterereignissen bleiben die Grenzlinien zwischen diesen Bereichen weitestgehend erhalten. In einigen wenigen Fällen wurde ein Unterereignis aber auch weiter unterteilt oder zwei Schwerpunkte in einem Unterereignis zusammengefasst. Im Vergleich zum „Fahrwerk“ treten deutlich weniger große Lücken zwischen den Unterereignissen auf. Bis auf drei Ausnahmen kann ab einer Beschreibung mit mindestens zwei Unterteilungen von einer vollständigen Übertragung ausgegangen werden. Bevor die Gründe für dieses Ergebnis und die Ursache für die Unterschiede zwischen den beiden Versuchsereignissen hinterfragt werden, erfolgt wieder eine Betrachtung der einzelnen Ergebnisse, wie zuvor beim „Seitenwind“ nach der Gesamtzahl der gebildeten Unterereignisse sortiert.

Ein Unterereignis

Zwei Versuchspersonen (Nr. 4, 14 – die gleichen wie beim Fahrwerk) haben das Ereignis jeweils in einem einzigen Unterereignis beschrieben. Bei beiden hat der Kapitän die Rolle der Aktiven Person. Während VP 14 sämtliche Informationen in einem einzigen MMS unterbrachte, hat VP 4 das Ereignis nur bis zur Bruchlandung beschrieben und alles Nachfolgende, was insbesondere in Zusammenhang mit der Evakuierung steht, weggelassen.

Zwei Unterereignisse

Sieben Versuchspersonen (Nr. 5, 6, 13, 20, 25, 29, 31) haben Abbildungen angefertigt, die aus zwei Unterereignissen bestehen. Bei dieser Version sind bis auf eine Ausnahme zwei Schwerpunkte klar erkennbar, deren Grenzlinie eindeutig zwischen der „Bruchlandung“ und der „Fehldurchsage“ verläuft. Alles was zu der Bruchlandung geführt hat, gehört bei der Mehrheit dieser VP zum ersten Unterereignis und alles, was danach kommt, zum zweiten. Bei allen Teilnehmern hat der Kapitän (= Fliegender Pilot) die Rolle der Aktiven Person im ersten Unterereignis. Die Fehldurchsage und die verzögerte Evakuierung im Zweiten haben vier Personen aus der Sicht der Flugbegleiter beschrieben, zwei sahen hier ebenfalls den Kapitän, bzw. Fliegenden Piloten als Aktive Person. Drei Versuchspersonen (Nr. 20, 25, 29) haben alle vorgegebenen Informationen des Ereignisses übertragen. VP 5 beginnt erst mit der Reaktion auf das Gieren und Driften und verzichtet auch darauf, die Folgen der Fehldurchsage zu erwähnen. VP 6 beschreibt nur Fehldurchsage und Evakuierung, ohne jedoch auf das Verhalten der Passagiere einzugehen. Weiter misst VP 6 nur dem relativ späten Abschalten des Autopiloten eine erwähnenswerte Bedeutung zu. VP 13 verzichtet bei einer sonst kompletten Beschreibung auf die allgemeinen Situationsangaben des Landeanflugs und die Details der Bruchlandung. VP 31 weicht vom übrigen Trend der Versionen mit zwei Unterereignissen auffällig ab. Bei ihr deckt das erste Unterereignis den Bereich bis zum Gieren und Driften ab (Problemauftritt) und das zweite reicht von den Gegenmaßnahmen über die Bruchlandung bis zur Fehldurchsage. Die Details der Evakuierung bleiben unerwähnt. Die Grenze zwischen den Unterereignissen bei VP 31 findet sich auch in den Versionen mit drei Unterteilungen wieder.

Drei Unterereignisse

Mit 17 Versuchspersonen (Nr. 0[1], 2, 8, 10, 11, 12, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 30, 32) hat die überwiegende Mehrheit (47 Prozent) das Ereignis in drei Unterereignissen beschrieben. In Tabelle 5-7 sind deutlich die drei Schwerpunkte zu erkennen, die von den Unterereignissen bei dieser Version abgedeckt werden. Diese können mit den Begriffen „Problemauftritt“, „Sofortmaßnahme“ und „Nachfolgendes Ereignis“ überschrieben werden. Im Gegensatz zum „Fahrwerk“-Ereignis sind zwischen

[1] Die ‚Musterlösung’ VP 0 wird bei der Auswertung hier mitberücksichtigt.

diesen Bereichen in hohem Maß übereinstimmende Grenzlinien auszumachen. 13 Personen (Nr. 0, 2, 10, 11, 12, 16, 19, 21, 23, 24, 27, 30, 32) haben eine völlig übereinstimmende Unterteilung vorgenommen, bei der das erste Unterereignis vom „Landeanflug“ bis zum „Gieren und Driften“, das zweite von den „Steuereingaben“ bis zur „Bruchlandung“ reicht und das dritte den restlichen Zeitraum abdeckt. Bei drei Teilnehmern (Nr. 8, 17, 22) gehörte das „Gieren und Driften“ bereits zum zweiten Unterereignis, wobei sich bei VP 17 die ersten beiden Unterereignisse hinsichtlich dieses Aspekts überschneiden. Eine Person (VP 26) setzte die Trennlinie zwischen den ersten beiden Unterereignissen bereits zwischen „Autopilot abschalten“ und „Windböe“. Das dritte Unterereignis deckt bei allen Versuchspersonen den gleichen Ereignisabschnitt ab, von der „Fehldurchsage“ bis zur „Panik und Verletzung“ der Passagiere. Bei 16 Teilnehmern hat im ersten und zweiten Unterereignis der Kapitän bzw. der Fliegender Pilot die Rolle der Aktiven Person. Im dritten Unterereignis wurde der Aktiven Person von 13 VP die Flugbegleiter und von jeweils einer VP die Besatzung, der Kapitän und die Passagiere zugeordnet. Ein Teilnehmer benannte in allen drei Unterereignissen die Aktive Person als „Pilot“.

Vier Unterereignisse

Fünf Versuchspersonen (Nr. 3, 7, 9, 18, 28) beschreiben das Ereignis mit vier Unterereignissen. Allerdings lassen sich beim Vergleich dieser Lösungen kaum Gemeinsamkeiten erkennen. Grundsätzlich haben fast alle Teilnehmer sämtliche angegebenen Informationen auf das Modell übertragen. Lediglich bei VP 3 fehlt der Aspekt der „Windböe“. Bei dieser VP reicht das erste Unterereignis bis zum „Abschalten des Autopiloten“. Das Zweite geht vom „Gieren und Driften“ bis zum „harten Aufsetzen“, wobei letzteres noch einmal zusammen mit der Bruchlandung im dritten Unterereignis beschrieben wird. Der Zeitabschnitt des vierten Unterereignisses ist bei den Versuchspersonen 3 und 7 identisch mit dem des dritten Unterereignisses in den Dreierlösungen, siehe oben. Bei VP 7 enthält das erste Unterereignis nur Informationen zum „Landeanflug“ und „Wetterbericht“, UE 2 beschreibt lediglich das „Abschalten des Autopiloten“ und UE 3 den Bereich von der „Windböe“ bis zur „Bruchlandung“. VP 9 teilt die ersten beiden Unterereignisse entsprechend der Mehrzahl der Dreierlösung ein, während sie „Fehldurchsage“ und „Evakuierung“ im dritten Unterereignis unterbringt und der Reaktion der Passagiere noch ein viertes widmet. Bei VP 18 wird der gesamte Bereich bis zur Bruchlandung, wie bei den meisten Zweierlösungen, vom ersten Unterereignis überspannt. Dabei wird die Bruchlandung noch einmal – diesmal aus Systemsicht – in einem eigenen Unterereignis wiederholt. Die „Fehldurchsage“ wird in UE 3 abgehandelt, „Evakuierung“ und „Panik/Verletzung“ in UE 4. VP 28 zieht die Grenze zwischen den ersten beiden Unterereignissen zwischen „Autopilot abschalten“ und „Windböe“, während sie die letzten beiden Unterereignisse wie VP 18 unterteilt. In allen Abschnitten, die innerhalb des Bereichs bis einschließlich der Bruchlandung liegen, wurde von sämtlichen VP der Kapitän in der Rolle der Aktiven Person gesehen. Lediglich eine Person beschreibt, wie bereits erwähnt, den Block „Bruchlandung“ ein zweites Mal mit dem „System“ als Aktive Person. Bei der Fehldurchsage ist dreimal der Kapitän bzw. der Fliegende Pilot und zweimal sind die Flugbegleiter die Aktive Person. Bei der Evakuierung sind dies viermal die Flugbegleiter und einmal der Kapitän, bei der „Panik/Verletzung“ dreimal die Flugbegleiter, einmal der Kapitän und einmal die Passagiere.

Fünf Unterereignisse

Für eine Unterteilung in fünf Unterereignissen haben sich nur zwei Versuchspersonen (Nr. 1, 15) entschieden. VP 1 beschreibt im ersten Unterereignis das Ereignis von Beginn an bis zum „Gieren und Driften“. UE 2 enthält die „Steuereingaben“, UE 3 die „Bruchlandung“, UE 4 die „Fehldurchsage“ und UE 5 die „Evakuierung“ und das Schicksal der Passagiere. Bei VP 15 dauert das UE 1 nur bis zum „Abschalten des Autopiloten“. UE 2 beschreibt „Windböe“ und „Kursabweichung“, UE 3 die Gegenmaßnahmen bis zum Zustand „Bruchlandung“, UE 4 die „Fehldurchsage“ und die verzögerte „Evakuierung“ und UE 5 schließlich die „Panik und Verletzungen“ unter den Passagieren. Beide Teilnehmer sahen in den ersten drei Unterereignissen, die den Bereich bis zur „Bruchlandung“ abdecken, den Kapitän bzw. Fliegenden Piloten als Aktive Person. Für VP 1 war bei der „Fehldurchsage“ der Kapitän und nachfolgend die Flugbegleiter Aktive Person. Für VP 15 waren bei „Fehldurchsage“ und „Evakuierung“ die Flugbegleiter Aktive Personen und bei „Panik/Verletzung“ waren dies die Passagiere selbst.

Beginn und Ende von Unterereignissen

In einer abschließenden Betrachtung der Unterteilung der beiden Versuchsereignisse wird ausgezählt, wie oft ein Informationsblock jeweils einschließlich als Beginn oder als Ende eines Unterereignisses

verwendet wurde. Das Ergebnis dieser Auszählungen ist in den Abbildungen 5-12 und 5-13 dargestellt. Auch hieraus ist ersichtlich, dass der „Seitenwind“ wesentlich einheitlichere und schärfer abgegrenzte Schwerpunkte besitzt als das „Fahrwerk“. In Abbildung 5-13 („Seitenwind“) tritt bei weniger Informationsblöcken eine stärkere Ausprägung auf, die deutlich der Lösung mit drei Unterereignissen entspricht. Abbildung 5-12 („Fahrwerk“) gibt hierbei ein deutlich uneinheitlicheres Bild mit flacheren Ausprägungen ab, wobei auch deutlich weniger hohe „Beginn“-Ausprägungen auf entsprechend hohe „Ende“-Ausprägungen folgen, wie dies beim „Seitenwind“ mehrmals der Fall ist. Dies deutet auf eine stärkere Überlappung der Unterereignisse hin.

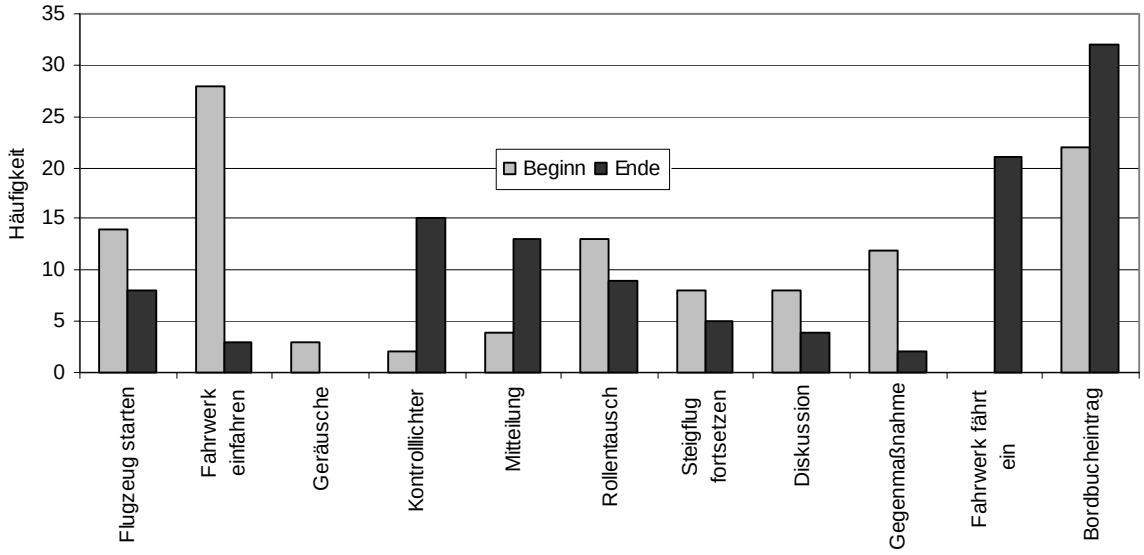


Abbildung 5-12: Beginn und Ende von Unterereignissen beim „Fahrwerk“: Auszählung der absoluten Häufigkeit, wie oft mit einem Informationsblock ein Unterereignis begonnen oder beendet wurde.

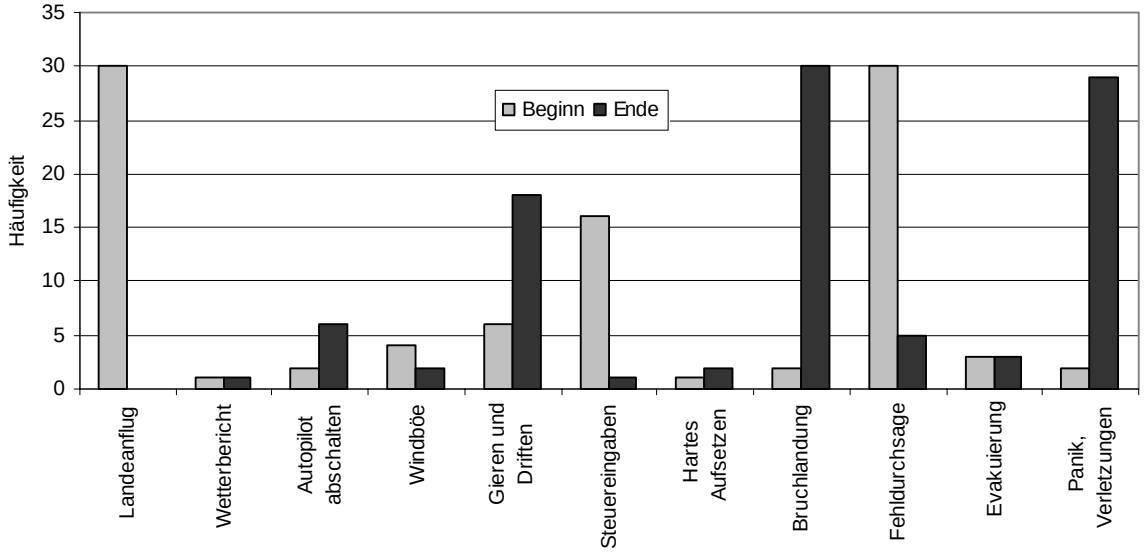


Abbildung 5-13: Beginn und Ende von Unterereignissen beim „Seitenwind“: Auszählung der absoluten Häufigkeit, wie oft mit einem Informationsblock ein Unterereignis begonnen oder beendet wurde.

Wie lässt sich der Unterschied bei der Unterteilung der Ereignisse erklären, bzw. warum wurde der „Seitenwind“ deutlich einheitlicher unterteilt als das „Fahrwerk“?

Die Antwort auf diese Frage liegt in der Formulierung der Ereignisberichte begründet. Während der „Seitenwind“ das komplexere Ereignis darstellt, ist es aber aufgrund der besseren Darstellung leichter zu übertragen als das „Fahrwerk“-Ereignis. Für diese Behauptung sprechen folgende Überlegungen:

- Ein Übungs- bzw. Lerneffekt kann als Ursache ausgeschlossen werden, da bei der Bearbeitungsreihenfolge alternierend vorgegangen wurde.
- Das Ereignis „Seitenwind“ enthält zwar inhaltlich ein umfangreicheres Geschehen. Hinsichtlich der Ereignisbeschreibung ist jedoch das inhaltlich einfachere „Fahrwerk“ ungünstiger beschrieben. Bei diesem ist es an mehreren Stellen schwieriger zu unterscheiden, welche Person zu einem bestimmten Zeitpunkt ereignisrelevant handelt, und auch die Übergänge zwischen einzelnen Handlungen sind relativ unscharf formuliert. Dies stellt eine häufig anzutreffende Schwäche von Ereignisberichten dar, die sich auch darauf zurückführen lässt, dass Berichte auf Basis einer unzureichenden Informationslage erstellt wurden. Hierzu ein Beispiel: Beim Fahrwerk sind am Anfang beide Piloten aktiv. Der Kapitän fliegt und der Erste Offizier (F/O) soll das Fahrwerk einfahren. Die ungewöhnlichen Geräusche hören beide, aber aus dem Bericht geht nicht explizit hervor, ob nur der Erste Offizier die Kontrolllichter sehen kann, oder auch der Kapitän. Gemäß der offiziellen Aufgabenverteilung ist aber nur der Nichtfliegende Pilot - also der Erste Offizier - für die Kontrolllichter zuständig. Zunächst erfüllen beide ihrer Routineaufgaben, aber das Problem folgt unmittelbar auf die Handlung des Ersten Offiziers. Damit ist dieser hier die eigentliche Aktive Person und seine Handlung eher für das Ereignis relevant als die des Kapitäns. Der Rollentausch, der einerseits zwar als eine Unterereignisgrenze verwendet werden könnte, stellt aber andererseits – bei detaillierter Betrachtung - bereits selbst, als Handlung, ein eigenes Unterereignis dar. Nach dem Rollentausch ist der Erste Offizier zwar immer noch Handelnder, immerhin fliegt er jetzt das Flugzeug, aber nun führt der Kapitän die für den weiteren Verlauf relevanten Handlungen durch, indem er sich als Erstes der Störung widmet. Nachdem bei der nachfolgenden Gegenmaßnahme das Problem erfolgreich gelöst wird, scheint der unterlassene Eintrag ein eher nebensächliches Anhängsel zu sein. Ein Eindruck, der durch die knappe Darstellung in der Vorlage noch verstärkt wird. Genau genommen wird aber hier zum ersten und einzigen Mal bei diesem Ereignis ein problematisches Verhalten der Piloten sichtbar. Beim Ereignis „Seitenwind“ ist bis zur Bruchlandung der Kapitän der einzige Akteur, von seinem Kopiloten ist nirgends die Rede. Die Grenze der Unterereignisse ist bei Bedarf anhand der Unterteilungsregeln leicht zwischen Problemauftritt und Gegenmaßnahme zu lokalisieren, da sich hier eindeutig die Aufgabenstellung der Aktiven Person ändert und dies auch aus der Beschreibung explizit hervor geht. Auch der Übergang zur Evakuierung stellt eine scharfe Grenzlinie dar. Auf der einen Seite steht die Bruchlandung, die das Vorhergehende abschließt und auf der anderen die Evakuierung, die eine völlig neue Aufgabe für die Besatzung mit sich bringt. Hier kann es nur Unsicherheiten hinsichtlich der Aktiven Person geben, weil bei der Evakuierung drei Personen bzw. Gruppen erwähnt werden: Kapitän, Flugbegleiter und Passagiere. Allerdings wurden von den meisten Versuchspersonen die Flugbegleiter als ereignisrelevant handelnde Gruppe benannt, da diese für die Durchführung der Evakuierung zuständig waren. Für eine detailliertere Betrachtung kann allein die Evakuierung bereits in drei Unterereignisse eingeteilt werden: (1) Kapitän will Evakuierung befehlen, (2) Flugbegleiter evakuieren verzögert und (3) Passagiere geraten in Panik. Bei den Versuchspersonen, welche die Evakuierungsphase in mehreren Unterereignissen beschrieben haben, ist genau diese Struktur erkennbar. Allerdings lieferte die Textvorlage zu wenig Angaben, um an diesem Punkt tiefer einsteigen zu können.

Als Fazit ist festzustellen, dass die Güte der Übertragung – und damit auch die der nachfolgenden Auswertung – stärker von der Qualität der Ausgangsdaten abhängig ist als von der Art oder der Komplexität des Ereignisses. Womit auch die zu Beginn beschriebene Motivation für diese Arbeit bestätigt und bestärkt wird.

5.5.2 Auswertung der Zuordnung

Für die Untersuchung der Zuordnung der Informationen werden die Ereignisse wieder in Teilinformationen zerlegt. Diesmal allerdings in noch detaillierterer Form als bei der Betrachtung der Unterteilung, da hier nun die Ebene der MMS-Komponenten in den Fokus rücken wird. Dazu werden die Informationsblöcke (siehe 5.5.1) bzw. Sätze der Ereignisbeschreibungen noch weiter aufgespaltet, so dass weitestgehend nur noch Einzelinformationen übrig bleiben. Anschließend werden die von den Versuchspersonen (VP) erstellten Ereignisberichte dahingehend durchgesehen, welchen Komponenten des Mensch-Maschine-Systems die Einzelinformationen zugeordnet wurden. Im Folgenden werden die Zuordnungen der beiden Versuchsereignisse nacheinander ausgewertet. Abbildung 5-14 und Abbildung 5-15 geben einen Überblick über die Aufspaltung der Information (Ordinate) und die Verteilung der Zuordnungshäufigkeiten in Anlehnung an ein Höhenprofil. Die den Abbildungen zugrunde liegenden Zahlentabellen sind im Anhang H abgedruckt.

Fahrwerk

Der erste Satz des Ereignisses „Fahrwerk“ enthält Angaben über Datum, Zeit, Ort und Vorgang, die hauptsächlich der Komponente *Situation* zugeordnet wurden. Flugzeugtyp und Flugphase wurden von einigen Versuchspersonen auch in *Aufgabe*, *Handlung* und *Arbeitsobjekt* wiedergegeben, wobei zumeist die allgemeine Aufgabenstellung „Flugzeug landen“ und die entsprechende Handlung an eben diesem *Arbeitsobjekt* beschrieben wurden. Die Bezeichnung „Kapitän“ für den einen Piloten, seine Flugerfahrung und seine fliegerische Rolle beim Start (PF) wurden der *Aktiven Person* zugeordnet. „Abheben und Erreichen einer positiven Steigrate“ sind zwar die notwendigen Vorbedingungen für die erste *Aufgabe* an den Ersten Offizier, wurden aber nur von vier der 32 Versuchspersonen mit in die *Aufgabenstellung* aufgenommen. Die Bezeichnung „Erster Offizier“ des anderen Piloten und dessen Flugerfahrung finden sich ebenfalls in der *Aktiven Person* wieder. Dass der Erste Offizier das „Fahrwerk einfahren soll“, sahen über zwei Drittel der Teilnehmer als dessen *Aufgabe* an, ein Drittel hat diese Aufgabe auch als *Handlung* übernommen. Dass der „Erste Offizier die Fahrwerkshebel bedient“ steht bei einem Viertel der VP in der *Aufgabe*, 18 VP sahen dies als eine *Handlung* an. Sechs Personen beschrieben die Fahrwerkshebel in der passiven Rolle als *Arbeitsobjekt*, in der sie vom Ersten Offizier bedient wurden. Dass aus dem Rumpf knarrende Geräusche hörbar sind, war für 16 Versuchspersonen eine eingehende Information (*Info-Eingang*), während zwölf der VP diese als *Rückmeldung* verstanden – vier VP ordneten diese Geräusche ihrer Entstehung nach auch dem *Arbeitsobjekt* zu. Dagegen verstanden 25 VP die Kontrolllichter als *Rückmeldung*, wogegen sieben VP diesen Aspekt dem *Info-Eingang* zuordneten. Dass „das linke Hauptfahrwerk nicht ordnungsgemäß eingefahren wurde“, wurde von knapp der Hälfte der VP (15 x) offenbar als eine Information über die Kontrolllichter verstanden und der *Rückmeldung* zugeordnet, und von ebenso vielen VP auch als ein Zustand des *Arbeitsobjektes* bestimmt. Etwa ein Drittel sah dagegen darin eine *eingehende Information*, bzw. ein Sechstel sogar eine vom Arbeitsobjekt *ausgehende Information*. Dass der Erste Offizier dem Kapitän die Anzeige der Kontrolllichter mitteilt, gehört je nachdem, wer zuvor als *Aktive Person* bestimmt wurde, entweder zum *Info-Eingang* (15 x) oder zum *Info-Ausgang* (20 x)[1]. Der Rollentausch PF/PNF durch den Kapitän wurde der *Aufgabe* (des Kapitäns, 12 x), dem *Info-Eingang* (Erster Offizier erhält als Aktive Person die Anweisung, 5 x), dem *Info-Ausgang* (Kapitän erteilt als Aktive Person die Anweisung, 12 x), der *Handlung* (Kapitän tauscht die Rollen, 11 x) und auch dem *Ergebnis* (Rollen wurden getauscht, 6 x) zugeordnet. Allerdings wurde in fünf Fällen der Rollentausch auch als ein abstraktes *Arbeitsobjekt* gesehen. Die allgemeine Formulierung, dass sich der Kapitän der Störung widmet, wurde zwanzig Mal der *Aufgabe* zugeordnet. Die Anweisung des Kapitäns, den Steigflug fortzusetzen, wurde nur von etwa einem Fünftel der VP verwertet, und zwar sowohl als *Info-Ausgang* als auch als *Handlung* - jeweils mit dem Kapitän als *Aktiver Person*. Von ebenso viel wurde die Diskussion der Piloten untereinander aufgegriffen, entweder als *Info-Eingang* (8-mal) oder als *Handlung* (6-mal), bemerkenswerter Weise jedoch nicht im *Info-Eingang*. Die Gegenmaßnahme des Kapitäns, das Fahrwerk erneut ein- und wieder auszufahren, wurde von der Mehrzahl der VP als *Handlung* betrachtet, sechs Mal wurde die Information auch der *Aufgabe* (Kapitän will ...) und acht

[1] Die Summe der Anzahl der Nennungen kann hier höher sein, als die Anzahl der Versuchspersonen. Es kann beispielsweise eine VP die Information in einem MMS dem Info-Eingang und in einem anderen dem Info-Ausgang zugeordnet haben.

Mal dem *Arbeitsobjekt* (Fahrwerk) zugeordnet. Dass es sich dabei um eine Gegenmaßnahme handelt, wurde von fünf VP ausdrücklich angeführt. Die nun unterbleibenden Knarrgeräusche wurden zwölf mal der *Rückmeldung* zugeteilt, weiter sechs Mal dem *Info-Eingang* und fünf Mal dem *Arbeitsobjekt*. Dafür sah die Mehrzahl der VP (21 x) in der Kontrollanzeige eine *Rückmeldung*. Dass das Fahrwerk schließlich ordnungsgemäß eingefahren sei, stellte für die meisten ein *Ergebnis* dar (21 x), bzw. wurde in der *Rückmeldung* (18 x) mit angeführt. Zwölf Versuchspersonen haben zur Beschreibung der unterlassenen Handlung die „Besatzung“ (Cockpit Crew) als Bezeichnung der *Aktiven Person(en)* verwendet. Der gesamte Block an Informationen über diesen Ereignisteil wurde komplett als *Handlung* und/oder als *Ergebnis* verwendet. Die Information „Störung ins Bordbuch eintragen“ wurde zudem vierzehn Mal als *Aufgabe* verwendet. Abbildung 5-14 gibt einen Überblick darüber, welchen Komponenten die jeweiligen Informationen schwerpunktmäßig zugeordnet wurden.

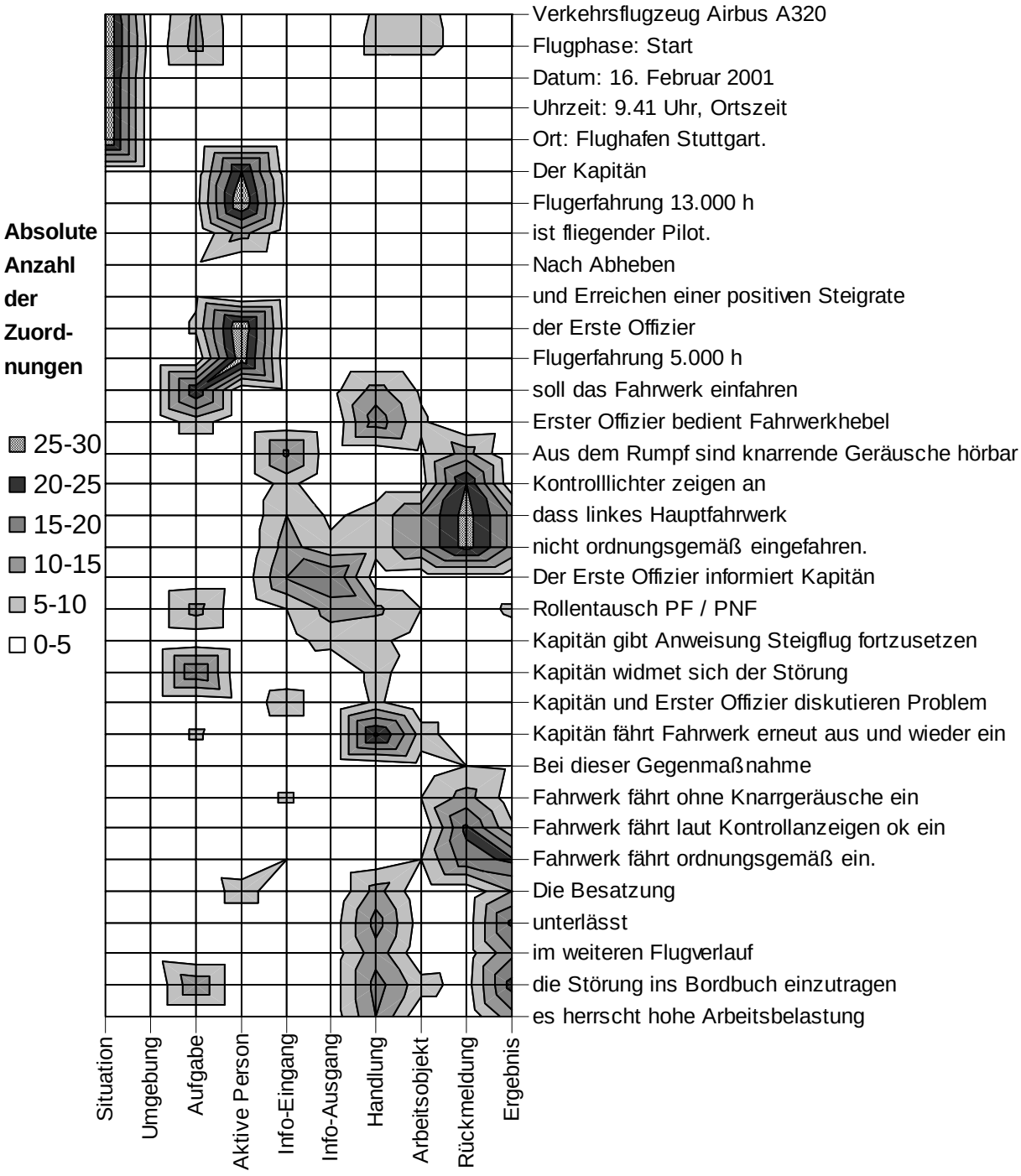


Abbildung 5-14: Häufigkeitsverteilung (absolute Zahlen) der Zuordnung der Einzelinformationen zu den MMS-Komponenten beim Versuchsereignis „Fahrwerk“

Seitenwind

Die Eingangsinformationen Datum, Uhrzeit, Ort, Flugzeugtyp und Flugphase wurden von allen VP der Komponente *Situation* zugeordnet. Die Phase hatten zudem 23 Versuchspersonen auch der *Aufgabe* („Landeanflug durchführen" bzw. „Flugzeug landen") zugeordnet. Der „Wetterbericht" wurde von fünf Teilnehmern in der *Umgebung* und von zehn im *Info-Eingang* wiedergegeben. Die Information, dass „mit starkem Seitenwind" zu rechnen sei, steht bei fast allen VP (30 x) in der *Umgebung* und bei neun VP im *Info-Eingang*. Der Kapitän (24 x), die Angaben über seine Flugerfahrung (32 x) und seine aktuelle Funktion als Fliegender Pilot (14 x) sind entsprechend den Angaben in den Klammern der Komponente *Aktive Person* zugeordnet. Dass der Kapitän den Autopiloten abschaltet, wird von fast allen VP (29 x) der *Handlung* zugeordnet. Dass dies aus Gewohnheit und in hundert Fuß über Grund geschieht, wird von zwei Dritteln bei den Angaben zu dieser Handlung ergänzt. Die Information, dass die Landung manuell durchgeführt werden soll, erwähnen knapp die Hälfte der Versuchspersonen. Der Zeitpunkt, bei dem das Flugzeug von der Windböe erfasst wird, nämlich genau beim Deaktivieren des Autopiloten, wird nur von drei Personen in den Komponenten Handlung und Objekt erwähnt, und scheint damit für die Versuchspersonen keine allzu große Bedeutung gehabt zu haben. Dass das Flugzeug von einer Windböe erfasst wird und dadurch giert und driftet, findet sich bei der Hälfte der Teilnehmer jeweils beim Arbeitsobjekt und beim Ergebnis wieder. Das Gieren und Driften wird von 13 VP auch als eine Rückmeldung angesehen. Der gesamte Abschnitt, in dem der Kapitän den Landekurs zu korrigieren versucht und ihm dies wegen der Kürze der Zeit nicht mehr gelingt, wird durchgängig von rund zwei Dritteln der Versuchspersonen der Komponente Handlung zugeordnet. Ein Drittel sieht in dieser Korrektur auch explizit eine Aufgabe des Kapitäns. Das harte Aufsetzen und die Bruchlandung wurde von 24 Teilnehmern als Ergebnis bewertet, aber von rund einem Viertel auch dem Objekt und der Handlung zugeordnet. Achtzig Prozent der Testpersonen sahen in der „Evakuierung der Passagiere" sowohl eine Aufgabe als auch eine Handlung. Die Flugbegleiter wurden von knapp zwei Dritteln sowohl in der Aktiven Person als auch explizit als Ausführende in der Handlung beschrieben. Die „Verzögerung der Evakuierung" wurde ebenfalls von 18 Versuchspersonen als nähere Beschreibung der Räumung in der zuvor beschriebenen Handlung ergänzt. Der fehlgeschlagene Evakuierungsbefehl des Kapitäns gehörte für die Hälfte der Teilnehmer in die Komponente Info-Eingang, mit den Flugbegleitern als Aktive Personen. Dieser wurde aber auch von rund zwei Dritteln als Handlung angesehen. Panik (19 x) und Verletzung der Passagiere (28 x) wurde dem Ergebnis zugeordnet. Die absolute Häufigkeitsverteilung ist in Abbildung 5-14 als Höhenprofil graphisch dargestellt.

Statistischer Test hinsichtlich der Häufigkeitsverteilung der Zuordnung

Die Hypothese hinsichtlich der Zuordnung lautet, dass mit der Erfassungsmethode eine systematische Verteilung erzielt wurde, die mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von weniger als 5 Prozent nicht zufällig zustande kam. Um diese Hypothese zu prüfen, wird die beobachtete Verteilung mit Hilfe der Chi²-Methode gegen zwei vorgegebene Erwartungswerte geprüft, die jeweils eine Annahme für einen günstigen und für einen ungünstigen Fall darstellen. Im optimistischen Fall ergibt sich eine Verteilung, die derjenigen entspricht, die mit Expertenwissen erstellt wurden. Im pessimistischen Fall ordnen die Teilnehmer die Informationen den Komponenten nach dem Zufallsprinzip zu. Bei einer ausreichenden Zahl von Versuchspersonen ergäbe sich damit jeweils zeilenweise eine Gleichverteilung. Eine Gleichverteilung über die Spalten ist nicht zu erwarten, da jeweils eine Information (Zeilen) einer oder mehreren Komponenten (Spalten) zugeordnet werden kann und nicht umgekehrt. Um die Anforderung an die Erfassungsmethode bei diesem Test zu erhöhen, wird die erwartete Gleichverteilung weiter eingeschränkt: Es werden nur Komponenten berücksichtigt, die von mindestens einer Versuchsperson ausgewählt wurden. Diese Einschränkung bei der Gleichverteilung wirkt sich verschlechternd auf das Ergebnis für den Beobachtungswert aus, weil dabei die Zahl der Freiheitsgrade reduziert wird. Die im Versuch ermittelte Verteilung wird zeilen- und spaltenweise gegenüber der eingeschränkten Gleichverteilung und der Expertenlösung getestet. Diese differenzierte Untersuchung ist notwendig, um die Einflüsse sowohl einzelner Informationen als auch Komponenten ermitteln zu können. Die Vorgehensweise bei dieser Auswertung wird im Anhang J an einem hypothetischen Beispiel ausführlich und anschaulich erläutert.

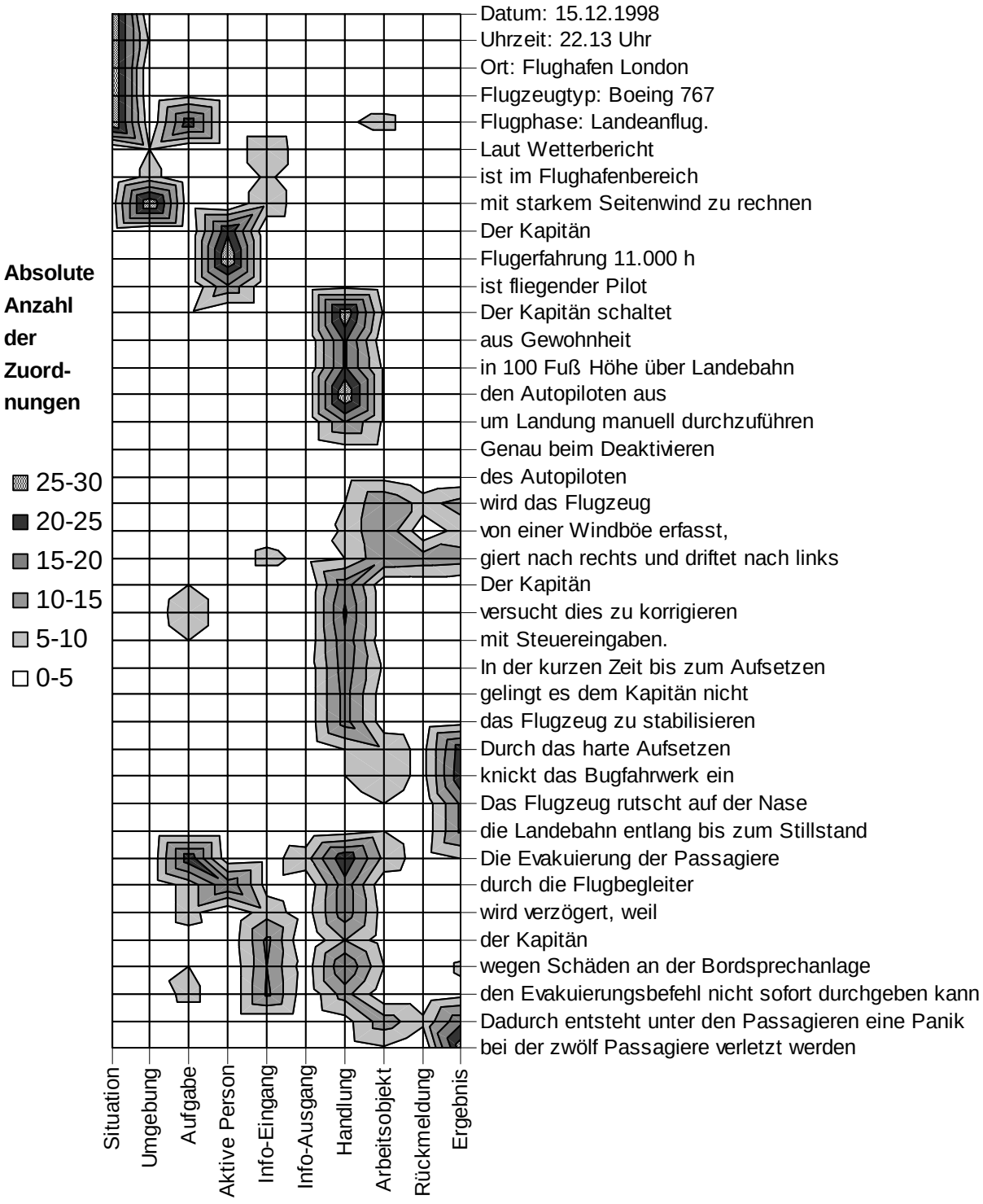


Abbildung 5-15: Häufigkeitsverteilung (absolute Zahlen) der Zuordnung der Einzelinformationen zu den MMS-Komponenten beim Versuchsereignis „Seitenwind“

Auswertung der Zuordnung im Hauptversuch

Analog zu der Vorgehensweise bei dem Beispiel im Anhang J werden die Zuordnungen bei den Versuchsereignissen „Fahrwerk“ und „Seitenwind“ mit der Chi²-Methode getestet und analysiert. Die Testergebnisse sind in den Tabellen 5-8 und 5-9 aufgelistet.

Fahrwerk					
		Chi²-Test gegen Gleichverteilung		**Chi²-Test gegen Expertenlösung**	
Nr	**Informationen**	**ALPHA-Fehlerwahrscheinlichkeit**	**Bewertung der ALPHA-Fehlerwahrscheinlichkeit**	**ALPHA-Fehlerwahrscheinlichkeit**	**Schluss auf BETA-Fehlerwahrscheinlichkeit und Bewertung**
1	Verkehrsflugzeug Airbus A320	**0,0000**	**< 5 %, signifikant**	**1,0000**	**< 5 %, signifikant**
2	Flugphase: Start	**0,0000**		**1,0000**	
3	Datum: 16. Februar 2001	**0,0000**		**1,0000**	
4	Uhrzeit: 9.41 Uhr, Ortszeit	**0,0000**		**1,0000**	
5	Ort:. Flughafen Stuttgart.	**0,0000**		**1,0000**	
6	Der Kapitän	**0,0000**		**0,9969**	
7	Flugerfahrung 13.000 h	**0,0000**		**1,0000**	
8	ist fliegender Pilot.	**0,0002**		0,1866	nicht signifikant
9	Nach Abheben	0,4060	nicht signifikant	0,0000	
10	und Erreichen einer positiven Steigrate	0,6925	nicht signifikant	0,0000	
11	der Erste Offizier	**0,0000**	**< 5 %, signifikant**	0,0000	
12	Flugerfahrung 5.000 h	**0,0000**		0,0004	
13	soll das Fahrwerk einfahren	**0,0000**		0,1056	
14	Erster Offizier bedient Fahrwerkhebel	**0,0000**		**0,7273**	**< 5 %, signifikant**
15	Aus dem Rumpf sind knarrende Geräusche hörbar	**0,0000**		**0,5341**	
16	Kontrolllichter zeigen an	**0,0000**		**0,9969**	
17	dass linkes Hauptfahrwerk	**0,0000**		0,0183	nicht signifikant
18	nicht ordnungsgemäß eingefahren.	**0,0000**		0,0183	
19	Der Erste Offizier informiert Kapitän	**0,0000**		0,1400	
20	Rollentausch PF / PNF	**0,0446**	**< 5 %, grenzwertig**	0,1303	
21	Kapitän gibt Anweisung Steigflug fortzusetzen	0,1890	nicht signifikant	0,0210	
22	Kapitän widmet sich der Störung	**0,0000**	**< 5 %, signifikant**	**0,8755**	**< 5 %, signifikant**
23	Kapitän und Erster Offizier diskutieren Problem	0,0743	nicht signifikant	0,0352	nicht signifikant
24	Kapitän fährt Fahrwerk erneut aus und wieder ein	**0,0000**	**< 5 %, signifikant**	**0,9991**	**< 5 %, signifikant**
25	Bei dieser Gegenmaßnahme	0,3430	nicht signifikant	0,0004	nicht signifikant
26	Fahrwerk fährt ohne Knarrgeräusche ein	**0,0031**	**< 5 %, signifikant**	0,0121	
27	Fahrwerk fährt laut Kontrollanzeigen ok ein	**0,0000**		**0,9252**	**< 5 %, signifikant**
28	Fahrwerk fährt ordnungsgemäß ein.	**0,0000**		0,0017	nicht signifikant
29	Die Besatzung	**0,0025**		0,0004	
30	unterlässt	**0,0000**		**0,2888**	**grenzwertig signifikant**
31	im weiteren Flugverlauf	**0,0000**		**0,2569**	
32	die Störung ins Bordbuch einzutragen	**0,0000**		0,0163	nicht signifikant
33	es herrscht hohe Arbeitsbelastung	**0,0000**		**0,4344**	**< 5 %, signifikant**
	Kategorien				
1	Situation	**0,0000**	**< 5 %, signifikant**	**1,0000**	**< 5 %, signifikant**
2	Umgebung	0,7788	nicht signifikant	**1,0000**	
3	Aufgabe	**0,0000**	**< 5 %, signifikant**	0,0000	nicht signisfikant
4	Aktive Person	**0,0000**		**0,4285**	**< 5 %, signifikant**
5	Info-Eingang	**0,0000**		0,0052	nicht signifikant
6	Info-Ausgang	**0,0000**		**0,8433**	**< 5 %, signifikant**
7	Handlung	**0,0000**		0,0000	nicht signisfikant
8	Arbeitsobjekt/-mittel	**0,0000**		0,1359	
9	Rückmeldung	**0,0000**		**1,0000**	**< 5 %, signifikant**
10	Ergebnis	**0,0000**		**0,5202**	

Tabelle 5-8: Chi²-Test beim Ereignis „Fahrwerk“. Beobachtete Verteilung wird gegen eine Gleichverteilung und gegen eine Expertenlösung gestestet.

Diskussion des Ergebnisses

Mit der Chi²-Methode wurde getestet, ob die im Versuch ermittelte Verteilung eher einer zufällig zustande gekommenen Gleichverteilung oder eher einer Expertenlösung entspricht. (In den Fällen, in denen die Expertenlösung bereits eine Gleichverteilung darstellt, trifft natürlich beides zu.) Durch das zeilen- bzw. spaltenweise Vorgehen liefert der Test Rückschlüsse darüber, ob es bei einzelnen Informationen (Zeilen) oder MMS-Komponenten (Spalten) Schwierigkeiten bei der Zuordnung gab. Diese können dann gezielt lokalisiert werden, um Ursachen und Lösungsmöglichkeiten zu ermitteln. Das Ergebnis der Versuche lässt folgende Aussagen zu:

Allgemein

Beim Ereignis „Fahrwerk“ entspricht die Zuordnung von 81,8 Prozent der Informationen signifikant keiner Gleichverteilung, während 42,4 Prozent signifikant der Expertenlösung nahe kommen. Beim Ereignis „Seitenwind“ kann bei 92,3 Prozent der Informationen von keiner signifikant gleichverteilten Zuordnung ausgegangen werden, während 46,2 Prozent signifikant einer Expertenlösung entsprechen. Daraus wird gefolgert, dass die Zuordnungen zwar zum größten Teil nicht zufällig zustande gekommen sind, es aber bis zur Expertenlösung noch eine deutlich erkennbare Differenz gibt.

Seitenwind					
		Chi²-Test gegen Gleichverteilung		**Chi²-Test gegen Expertenlösung**	
Nr	**Informationen**	**ALPHA-Fehlerwahr-scheinlichkeit**	**Bewertung der ALPHA-Fehlerwahr-scheinlichkeit**	**ALPHA-Fehlerwahr-scheinlichkeit**	**Schluss auf BETA-Fehlerwahr-scheinlichkeit und Bewertung**
1	Datum: 15.12.1998	**0,0000**		**1,0000**	
2	Uhrzeit: 22.13 Uhr	**0,0000**		**1,0000**	
3	Ort: Flughafen London	**0,0000**	**< 5 %, signifikant**	**1,0000**	**< 5 %, signifikant**
4	Flugzeugtyp: Boeing 767	**0,0000**		**1,0000**	
5	Flugphase:Landeanflug.	**0,0000**		**0,9631**	
6	Laut Wetterbericht	**0,0221**		0,0000	
7	ist im Flughafenbereich	0,1092	nicht signifikant	0,0000	nicht signifikant
8	mit starkem Seitenwind zu rechnen	**0,0000**		0,0385	
9	Der Kapitän	**0,0000**		**0,9821**	
10	Flugerfahrung 11.000 h	**0,0000**		**1,0000**	**< 5 %, signifikant**
11	ist fliegender Pilot	**0,0001**		**0,2799**	
12	Der Kapitän schaltet	**0,0000**	**< 5 %, signifikant**	0,0021	nicht signifikant
13	aus Gewohnheit	**0,0000**		**0,8859**	**< 5 %, signifikant**
14	in 100 Fuß Höhe über Landebahn	**0,0000**		0,0001	
15	den Autopiloten aus	**0,0000**		0,0043	
16	um Landung manuell durchzuführen	**0,0000**		0,0000	
17	Genau beim Deaktivieren	0,6151	nicht signifikant	0,0000	nicht signifikant
18	des Autopiloten	0,6151		0,0013	
19	wird das Flugzeug	**0,0039**		0,0058	
20	von einer Windböe erfasst,	**0,0000**		**0,3654**	**< 5 %, signifikant**
21	giert nach rechts und driftet nach links	**0,0100**		0,0000	nicht signifikant
22	Der Kapitän	**0,0000**		0,0003	
23	versucht dies zu korrigieren	**0,0000**		**0,8859**	
24	mit Steuereingaben.	**0,0000**		**0,7460**	
25	In der kurzen Zeit bis zum Aufsetzen	**0,0000**		**0,6560**	**< 5 %, signifikant**
26	gelingt es dem Kapitän nicht	**0,0000**		**0,5587**	
27	das Flugzeug zu stabilisieren	**0,0000**		**0,5587**	
28	Durch das harte Aufsetzen	**0,0000**		0,0421	
29	knickt das Bugfahrwerk ein	**0,0000**	**< 5 %, signifikant**	0,0185	nicht signifikant
30	Das Flugzeug rutscht auf der Nase	**0,0000**		0,0047	
31	die Landebahn entlang bis zum Stillstand	**0,0000**		0,0047	
32	Die Evakuierung der Passagiere	**0,0000**		**0,7902**	**< 5 %, signifikant**
33	durch die Flugbegleiter	**0,0000**		0,1739	nicht signifikant
34	wird verzögert, weil	**0,0000**		**0,6560**	**< 5 %, signifikant**
35	der Kapitän	**0,0000**		0,0000	
36	wegen Schäden an der Bordsprechanlage	**0,0000**		0,0000	nicht signifikant
37	den Evakuierungsbefehl nicht sofort durchgeben kann	**0,0000**		0,0000	
38	Dadurch entsteht unter den Passagieren eine Panik	**0,0000**		0,0345	
39	bei der zwölf Passagiere verletzt werden	**0,0000**		**0,9998**	**< 5 %, signifikant**
	Kategorien				
1	Situation	**0,0000**		**1,0000**	**< 5 %, signifikant**
2	Umgebung	**0,0000**		0,2165	
3	Aufgabe	**0,0000**		0,0000	
4	Aktive Person	**0,0000**		0,0860	
5	Info-Eingang	**0,0000**	**< 5 %, signifikant**	0,0000	nicht signifikant
6	Info-Ausgang	**0,0284**		0,0125	
7	Handlung	**0,0000**		0,0000	
8	Arbeitsobjekt/-mittel	**0,0000**		0,0000	
9	Rückmeldung	**0,0000**		**0,7813**	**< 5 %, signifikant**
10	Ergebnis	**0,0000**		**0,5679**	

Tabelle 5-9: Chi²-Test beim Ereignis „Seitenwind“. Beobachtete Verteilung wird gegen eine Gleichverteilung und gegen eine Expertenlösung gestestet.

Bei der spaltenweisen Betrachtung der MMS-Komponenten entsprechen die Zuordnungen bei beiden Ereignissen signifikant keiner Gleichverteilung. Einzige Ausnahme ist die Komponente „Umgebung" beim Seitenwind, wobei hier allerdings auch die Expertenlösung signifikant einer Gleichverteilung entspricht. Beim Ereignis Fahrwerk entsprechen die Zuordnungen bei sechs der zehn Komponenten signifikant einer Expertenlösung, während es beim „Seitenwind" nur drei Komponenten sind.

Es gibt bei beiden Ereignissen keine Information, die nicht signifikant von einer Gleichverteilung abweicht und gleichzeitig signifikant einer Expertenlösung entspricht.

Nachfolgend sind die Informationen aufgeführt, die bei dem Chi²-Test *nicht signifikant* von einer Gleichverteilung abweichen und auch *nicht signifikant* der Expertenlösung entsprechen, also scheinbar zufällig zugeordnet wurden. Dabei handelt es sich mehrheitlich um Informationen, die von vielen VP bei der Übertragung nicht berücksichtigt wurden. (Die betroffene Information ist unterstrichen und mit der jeweiligen Nummer entsprechend der Tabellen 5-8 und 5-9 versehen.) Zu jeder Information sind Anmerkungen angeführt, die mögliche Gründe für die Unsicherheiten bei deren Zuordnung liefern.

Beim Fahrwerk

- Der Erste Offizier soll nach dem Abheben (9) und Erreichen einer positiven Steigrate (10) das Fahrwerk einfahren: *Randinformationen, die allgemeines Fachwissen darstellen, keinen Beitrag zum Ereignisablauf liefern und nur als zusätzliche Erläuterung für Fachfremde dienen. Unter Experten werden solche Information eher weggelassen. Im Beschreibungsmodell taucht diese Information in der Beschreibung der Haupthandlung auf und kann damit auch in anderen Komponenten verwendet werden.*
- Der Kapitän gibt Anweisung den Steigflug fortzusetzen (21): *Kommunikationsaspekt, der innerhalb des Mensch-Maschine-Systems unterschiedlich abgelegt werden kann. Je nach Aktiver Person und Blickwinkel handelt es sich um eine Eingangs- oder Ausgangsinformation, die aber auch als Handlung verstanden werden kann.*
- Der Kapitän und der Erste Offizier diskutieren das Problem (23): *Kommunikationsaspekt wie oben beim Steigflug. Außerdem handelt es sich um eine Aussage mit geringem Informationsgehalt, da nicht erwähnt wird, was genau diskutiert wird.*
- Bei dem erneuten Einfahren handelt es sich um eine Gegenmaßnahme (25): *Information, die als selbstverständlich empfunden werden kann und demzufolge für manche Versuchspersonen keiner weiteren Erwähnung bedarf.*

Beim Seitenwind

- Laut Wetterbericht ist im Flughafenbereich (7) mit starkem Seitenwind zu rechnen: *Übergreifende und damit auch redundante Information, die sich durch das gesamte Ereignis hindurchzieht, da sich der Unfall bei der Landung auf dem Flughafen ereignet. Im Extremfall werden solche Informationen als so trivial angesehen, dass sie erst gar nicht erwähnt werden. Hier beginnt der Grenzbereich zwischen umfassender Darstellung und Informationsüberfrachtung.*
- Genau beim Deaktivieren (17) des Autopiloten (18): D*er Zeitpunkt, zu dem das Flugzeug von der Windböe erfasst wird, fällt nur zufällig mit dem Deaktivieren des Autopiloten zusammen. Diese scheinbare Abhängigkeit wurde von den meisten Versuchspersonen offensichtlich richtig erkannt und wohl deshalb auch nicht näher ausgeführt. Der Autopilot als typisches Arbeitsobjekt kann aus verschiedenen Blickwinkeln in mehreren Komponenten beschrieben werden, wodurch die tatsächliche Zuordnung stark variierte.*

Weiter sind die Informationen aufgeführt, die *signifikant* keiner Gleichverteilung und gleichzeitig auch *nicht signifikant* der Expertenlösung entsprechen:

Beim Fahrwerk

- Der Kapitän ist fliegender Pilot (8): *Personeneigenschaft die über die Personenbezeichnung mitgeschleppt wird, aber auch als eigenständige Bezeichnung für eine Person verwendet wurde.*
- Der Erste Offizier (11) besitzt eine Flugerfahrung von 5000 h (12) und soll das Fahrwerk einfahren (13): *Typischer Fall von Mehrdeutigkeit hinsichtlich der MMS-Komponenten, da die Handlung auch als Aufgabe oder Ergebnis verstanden werden kann. Außerdem finden sich diese Informationen auch als Beschreibungen beim Arbeitsobjekt und bei der Rückmeldung wieder, da*

das Fahrwerk nach der Handlung ja nicht korrekt einfuhr. Die Angaben zur Flugerfahrung (12) wurde meistens mit an die Personenbezeichnung angehängt.

- Es wird angezeigt, dass das linke Hauptfahrwerk (17) nicht ordnungsgemäß eingefahren (18) ist: *Diese Information hängt direkt mit der Handlung des Einfahrens zusammen, bzw. stellt ihr Ergebnis dar. Insofern existiert auch für diese Informationen ein breites Zuordnungsspektrum, das aber von den VP in den meisten Fällen nur teilweise und sehr unterschiedlich belegt wurde.*
- Der erste Offizier informiert den Kapitän (19): *Kommunikationsaspekt, der je nach Blickwinkel als Eingangs- oder Ausgangsinformation, aber auch als Aufgabe, Handlung oder Ergebnis angesehen werden kann.*
- Rollentausch PF / PNF (20): D*ie Zuordnung des Rollentausches ist unmittelbar von der Wahl der Aktiven Person abhängig und damit in besonderem Maße uneinheitlich hinsichtlich der Komponentenzugehörigkeit.*
- Das Fahrwerk fährt ohne Knarrgeräusche ein (26): *Diese Information stellt das nicht Vorhandensein einer Sinneswahrnehmung dar und ist damit eine relativ schwache Information.*
- Das Fahrwerk fährt ordnungsgemäß ein (28): *Redundante Information, die in der schriftlichen Vorlage als Zusammenfassung gebraucht wird, und bei der Übertragung als überflüssig angesehen werden kann. Dies wird dadurch noch verstärkt, dass der Sachverhalt bereits durch die Kontrollanzeigen und die fehlenden Geräusche zum Ausdruck gebracht werden konnte.*
- Die Besatzung unterlässt es, die Störung ins Bordbuch einzutragen (32): *Mehrdeutigkeit hinsichtlich der Komponenten (Aufgabe – Handlung - Ergebnis) die zudem stark von der Unterteilung des Gesamtereignisses abhängig war.*

Beim Seitenwind

- Laut Wetterbericht (6) ist im Flughafenbereich mit starkem Seitenwind zu rechnen (8): *Der starke Seitenwind wird in mehreren Komponenten als maßgebliche Ursache mitgeliefert und variiert dadurch stark in der Zuordnung.*
- Der Kapitän schaltet in 100 Fuß Höhe über der Landebahn (14) den Autopiloten aus (15), um die Landung manuell durchzuführen (16): *Hier spielt die für Handlungen allgemein hohe Mehrdeutigkeit hinsichtlich der Komponenten eine Rolle.*
- Das Flugzeug (19) wird von einer Windböe erfasst, giert nach rechts und driftet nach links (21): *Mehrdeutigkeit hinsichtlich der Komponenten Arbeitsobjekt und Ergebnis, wobei von den Versuchspersonen überwiegend letztere gewählt wurde. Außerdem taucht dieses Systemverhalten häufig auch bei der Handlungsbeschreibung auf, meistens als Vorgriff zum Ergebnis.*
- Der Kapitän (22) versucht dies zu korrigieren: *Übergreifende, redundante Information und Personenbezeichnung*
- Durch das harte Aufsetzen (28) knickt das Bugfahrwerk ein (29): *Mehrdeutigkeit (wie oben beim Gieren und Driften.)*
- Das Flugzeug rutscht auf der Nase (30) die Landebahn entlang bis zum Stillstand (31): *Mehrdeutigkeit (wie oben beim Gieren und Driften.)*
- Die Evakuierung durch die Flugbegleiter (33) wird verzögert: *Übergreifende, redundante Information und Personenbezeichnung*

Fazit zum Ergebnis des Chi²-Tests

Der Chi²-Test lieferte für die Zuordnung immer dann ein ungünstigeres Ergebnis, wenn eine Information entweder von der Mehrheit der Versuchspersonen nicht berücksichtigt wurde oder wenn sie nicht nur einer einzigen Komponente allein zugeordnet werden konnte. Im ersten Fall fanden nur wenige Zuordnungen statt, im zweiten Fall kam es zu uneinheitlichen Zuordnungen, weil die Teilnehmer aus der Vielfalt der Möglichkeiten ihre individuelle Darstellung auswählten. Daraus lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

Bei der Übertragung auf das Modell werden als belanglos oder als selbstverständlich eingeschätzte Informationen ganz oder teilweise ausgefiltert. Dadurch wird die erwartete Darstellung des Ereignisses

zwar konzentrierter ausfallen, es kann jedoch auch der Informationsgehalt dieser Angaben verloren gehen, der in manchen Fällen insbesondere für fachfremde Personen von Bedeutung sein kann.

Der Umstand, dass sich bei der praktischen Anwendung, insbesondere für ungeübte Anwender, einige Komponenten des Mensch-Maschine-Systems inhaltlich nur schwer voneinander abgrenzen lassen, schlägt sich auch in der beobachteten Zuordnung nieder. Zwar erlangen die Inhalte vielfach erst durch die Zuordnung zu einer Komponente ihre entscheidende Bedeutung, doch kann das teilweise häufig erforderliche wiederholte Zuordnen als umständlich erscheinen. Außerdem erwächst die Gefahr, dass nicht alle möglichen Zuordnungen durchgeführt werden, etwa wenn nicht alle Bedeutungen vollständig erkannt werden. Außerdem wurde deutlich, dass die Teilnehmer beim Hauptversuch noch relativ ungeübt im Umgang mit dem Mensch-Maschine-System waren, und auch die Bedeutung der einzelnen Komponenten nicht deutlich genug vermittelt werden konnten.

Die Komponentenzuordnung ist zwangsläufig davon abhängig, welcher Ereignisabschnitt beschrieben und welche Person als „aktiv" angesehen wird.

Da es sich bei Personen- bzw. Sachbezeichnung für sich genommen grundsätzlich um redundante und mehrfach verwendbare Informationen handelt, liefert die Auswertung deren Zuordnung hier keine weiter verwertbaren Erkenntnisse.

Redundante oder als belanglos eingeschätzte Information der Vorlage werden häufig nicht übertragen.

Mehrdeutige Zuordnungsmöglichkeiten stellen sicher, dass eine Information zumindest einmal erwähnt wird und damit auch für die spätere Auswertung erhalten bleibt.

Die Kopierfunktion vereinfacht die wiederholte Eingabe, führt aber bei mangelnder Überprüfung der automatisch generierten Vorschläge zu Zuordnungsfehlern.

In dem Spezialfall der Übertragung von schriftlichen Berichten schlagen sich Darstellungsmängel zwar direkt auf die Modellbeschreibung durch, sind aber dort aufgrund der gut nachweisbaren formalen Mängel leichter erkennbar als im freien Text der Vorlage. Insofern kann die Dokumentationsmethode auch zur Ermittlung der Qualität von Ereignisberichten dienen, bzw. als Kontrollinstrument zur Überprüfung der Effektivität von Modifikationen bei der schriftlichen Darstellung von Ereignissen.

5.5.3 Auswertung der Satzbildung und Begriffswahl

Die Satzbildung und die damit zusammenhängende Begriffswahl und -beschreibung sind die abschließenden Schritte bei der Übertragung einer Information auf die hier behandelte Beschreibungsstruktur. Um zu untersuchen, wie die Versuchspersonen diesen Teil ihrer Aufgabe erledigt haben, werden exemplarisch Teilinformationen aus den Ereignisberichten ausgewählt und betrachtet, wie diese auf das Beschreibungsmodell übertragen worden sind. Bei diesen Teilinformationen handelt es sich um folgende drei Kern- bzw. Schlüsselereignisse, in denen menschliches Handeln oder Verhalten einen ereignisrelevanten Anteil besitzt:

Aus dem Ereignis „Fahrwerk":

1) „Die Besatzung vergisst wegen hoher Arbeitsbelastung im weiteren Flugverlauf die Störung ins Bordbuch einzutragen." → Piloten unterlassen eine Handlung unter bestimmten Arbeitsumständen.

Aus dem Ereignis „Seitenwind":

2) „Aus Gewohnheit schaltet er (der Kapitän) erst in einer Höhe von 100 Fuß über der Landebahn den Autopiloten aus, ..." → Pilot führt aufgrund einer persönlichen Haltung eine erwünschte Handlung fehlerhaft (zu spät) durch.

3) „Die Evakuierung durch die Flugbegleiter wird verzögert, weil der Kapitän wegen Schäden an der Bordsprechanlage den Evakuierungsbefehl nicht sofort durchgeben kann." → Eine Handlung ist aufgrund äußerer Umstände nicht möglich.

Für diese Untersuchung werden aus den im Versuch erstellten Ereignisbeschreibungen diejenigen Sätze ermittelt, in denen sich diese drei Teilinformationen wiederfinden. Die bei dieser Auswertung benutzte tabellarische Darstellung ist in Anhang I enthalten. Die Teilinformationen werden nun nacheinander getrennt ausgewertet.

Anmerkung: In den folgenden Abbildungen werden häufig für die Komponenten des Mensch-Maschine-Systems die in Tabelle 5-10 *aufgeführten Abkürzungen verwendet:*

SIT	Situation
UMG	Umgebung
AUF	Aufgabe
PER	Aktive Person
I/E	Informationseingang
I/A	Informationsausgang
HAN	Handlung
A/O bzw. AOM	Arbeitsobjekt bzw. Arbeitsmittel
RM	Rückmeldung
ERG	Ergebnis

Tabelle 5-10: Abkürzungen für die Komponenten des Mensch-Maschine-Systems

1) Der unterlassene Eintrag ins Bordbuch

„Die Besatzung vergisst, wegen hoher Arbeitsbelastung im weiteren Flugverlauf, die Störung ins Bordbuch einzutragen.“ (Ereignis „Fahrwerk“)

Nach Auftreten der Störung hat die Besatzung die „Aufgabe“, die Störung ins Bordbuch einzutragen. Diese „Handlung2 wurde jedoch unterlassen. Es herrschte dabei eine hohe Arbeitsbelastung. Für die Ablage dieser Informationen gibt es mehrere Möglichkeiten. In Tabelle 5-11 ist dargestellt, wie die Informationen in einer Expertenlösung auf das Mensch-Maschine-System verteilt wurden, wobei in einigen Komponenten mehrere Alternativen angegeben sind, deren Richtigkeit aber noch diskutiert wird.

MMS-Komponente	***Ereignisinformation***
Situation	Datum: 16. Februar 2001 Uhrzeit: 9.41 Uhr Ortszeit Ort: Flughafen Stuttgart Typ: Airbus A 320 Phase: weiterer Flugverlauf
Umgebung	Hohe Arbeitsbelastung
Aufgabe/Ziel	Störung soll ins Bordbuch eingetragen werden
Aktive Person (4 Fälle möglich)	a) Besatzung als Einheit b) Kapitän als Verantwortlicher c) Kapitän als Ausführender d) Erster Offizier als Ausführender
Info-Eingang	a) – b) – c) – d) Erster Offizier erhält Anweisung, die Störung ins Bordbuch einzutragen
Info-Ausgang	Bezug auf Anweisung zum „Störungseintrag“: a) – b) evtl.: Ersten Offizier anweisen (nicht, wenn er es selbst einträgt) c) – d) –
Handlung	Störung eintragen, Problem: unterlassen, Umstand: hohe Arbeitsbelastung
Arbeitsobjekt	Bordbuch
Rückmeldung	-
Ergebnis	Kein Eintrag im Bordbuch, Unterlassung, Umstand: hohe Arbeitsbelastung

Tabelle 5-11: Verteilung der Bordbuch-Informationen auf das MMS

Der unterlassene Eintrag ins Bordbuch wurde von 29 der 32 Versuchspersonen in das Modell übertragen. Der Blickwinkel der Informationsdarstellung war hauptsächlich davon bestimmt, welcher Beteiligte zur „Aktive Person“ erklärt und wie dessen Rolle im Ereignisablauf beschrieben werden sollte. In Tabelle 5-11 sind unter „Aktive Person“ vier Alternativen aufgeführt: (a) die Besatzung als agierende Einheit, (b) der Kapitän als verantwortlicher Flugzeugführer, (c) der Kapitän als Handelnder, (d) der Erste Offizier als Ausführender. Obwohl aus der Vorlage nur die Möglichkeit (a) hervorgeht, können aufgrund von Erfahrungs- oder Fachwissen auch die anderen Möglichkeiten in Betracht kommen. Grundsätzlich richtig sind jedoch nur die Möglichkeiten (a) und (b), da diese angegebene bzw. allgemein gültige Sachverhalte darstellen. Das haben die Versuchspersonen auch durchweg so umgesetzt. Gut die Hälfte (15) ordnete das Geschehen gemäß der Vorlage der Besatzung als „Aktive Person“ (hier: Personengruppe) zu. Die andere Hälfte sah den Kapitän als verantwortlichen Flugzeugführer in dieser Rolle.

Weiter wird ausgezählt, in welchen Komponenten des MMS sich Information über den unterlassenen Bordbucheintrag wiederfinden. Dabei ergibt sich die in Abbildung 5-16 dargestellte Verteilung. Demnach finden sich Ausprägungen, geordnet nach abnehmender Stärke, bei Person (PER), Ergebnis (ERG), Handlung (HAN), Aufgabe (AUF) und Arbeitsobjekt (A/O). Die größte Ausprägung bei der Komponente „Aktive Person“ ist trivial, da diese bereits bei der Erstellung des Unterereignisses festgelegt werden muss.

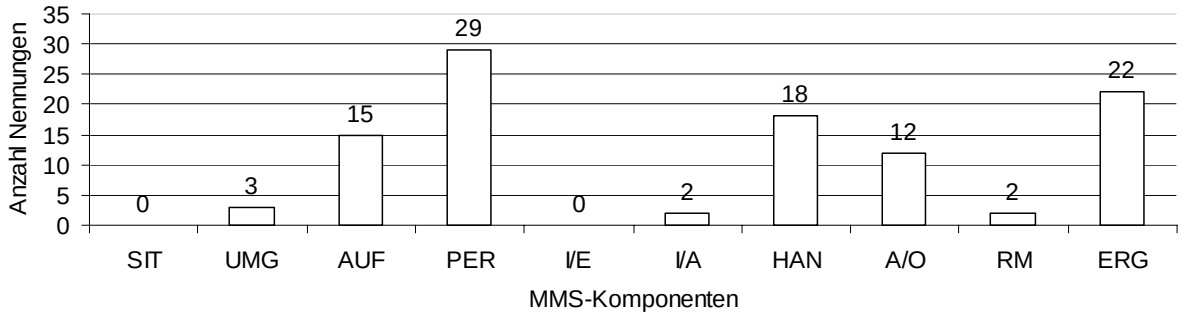


Abbildung 5-16: Verteilung der „Bordbuch“–Informationen auf die MMS-Komponenten

In Abbildung 5-16 ist scheinbar eine typische Ausprägung erkennbar, bei der es aufgrund einer Aufgabe zu einer Handlung an einem Arbeitsobjekt kommt und dies insgesamt zu einem bestimmten Ergebnis führt (AUF+HAN+A/O+ERG). Haben die Versuchspersonen die Komponenten nun tatsächlich bewusst so kombiniert oder hat die Verteilung nur zufällig dieses Aussehen? Um dies herauszufinden, werden die von den Teilnehmern gewählten Kombinationen ausgezählt. Die sich daraus ergebende Verteilung ist in Abbildung 5-17 dargestellt. Die größte Ausprägung findet sich dabei bei der alleinigen Darstellung mit der Komponente „Ergebnis“. Acht der 29 Versuchspersonen, die den Bordbuchaspekt berücksichtigten, haben die Information als Endresultat betrachtet und alle Angaben nur in diese Komponente gepackt. Etwa ein Drittel (10) hat die Folge AUF+HAN+ERG allein oder in Kombination mit weiteren Komponenten gewählt. Dabei wurde in sieben Fällen auch das Arbeitsobjekt beschrieben. Bei einer erneuten Durchsicht der Versuchsergebnisse wurde deutlich, dass die Folge AUF+HAN+ERG+X[1] überwiegend dann auftrat, wenn der Bordbuchaspekt als eigenes Unterereignis beschrieben wurde. Die ausschließliche Beschreibung im Ergebnis trat dagegen vermehrt dann auf, wenn der Bordbuchaspekt mit vorhergehenden Geschehnissen in einem einzigen Unterereignis zusammengefasst wurde.

Zur Auswertung der Begriffswahl wird ausgezählt, welche Begriffe in den Satzgliedern der Komponenten zur Beschreibung des Ereignisabschnittes verwendet wurden. Dazu werden die vier am häufigsten verwendeten Komponenten AUF, HAN, A/O, ERG (ohne „Aktive Person“ aus o. g. Gründen) ausgewertet. Anzumerken ist, dass es den Versuchspersonen erlaubt war, auch eigene Begriffe einzugeben, falls sie in der angebotenen Auswahl keinen ihrer Ansicht nach passenden Begriff finden konnten.

[1] Der Buchstabe „X“ steht für eine oder mehrere beliebige andere Komponenten

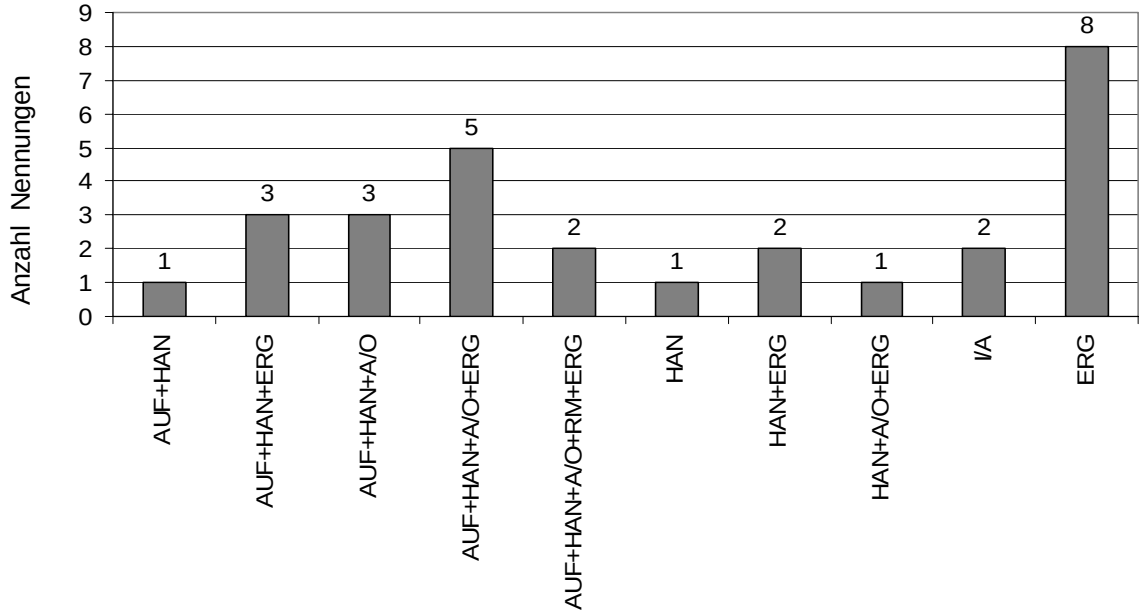


Abbildung 5-17: Häufigkeiten von Kombinationen von MMS-Komponenten zur Beschreibung des „Bordbuch"-Aspekts

In den Tabellen 5-12 und 5-13 sind die in den Satzgliedern verwendeten Begriffe und ihre Häufigkeiten aufgelistet. Die in diesen Tabellen enthaltenen Begriffe erwecken den Eindruck, dass die Versuchspersonen bei der Begriffswahl sehr unterschiedlich vorgegangen sind. Dies ist zutreffend, wenn nur die Begriffe für sich betrachtet werden. In diesem Fall liegt die maximale Häufigkeit eines Begriffes zwischen 20 und 40 Prozent. Werden dagegen synonymisch gebrauchte Wörter zusammengefasst, wie es im konkreten Fall etwa durch eine kontextsensitive Überprüfung der Begriffe nach Ende der Eingabe durchgeführt werden könnte, ergibt sich eine höhere Übereinstimmung.

Aufgabe (AUF)							
Objekt		***Handlung***		***Problem***		***Umstand***	
Störung	2	melden	3	kein	2		
Prozedur	1	durchführen	1				
Bordbuch	**6**	**eintragen**	**8**				
Bericht	3	erstatten	2				
Vorfall	3	erstellen	1				
		dokumentieren	1				
Handlung (HAN)							
Objekt		*Handlung*		***Problem***		***Umstand***	
Störung	4	melden	2	**unterlassen**	**13**	Belastung	3
Prozedur	2	nachbereiten	1	falsch	1	**Arbeitsbelastung**	**11**
Bordbuch	**7**	Ist-Zustand	1				
Bericht	2	**eintragen**	**7**				
Fahrwerk	1	erstatten	2				
Vorfall	2	beheben	1				
		dokumentieren	2				
		erstellen	1				

Tabelle 5-12: Begriffswahl bei der Abbildung der Teilinformation „Bordbuch" in den Komponenten „Aufgabe" und „Handlung". Pro Komponente und Satzglied ist der jeweils am häufigsten verwendete Begriff fett markiert.

Arbeitsobjekt/-mittel (A/O)							
Objekt		***Handlung***		***Problem***		***Umstand***	
Bordbuch	**8**	eintragen	3	kein Fehler	1	Fehlverhalten	1
Bericht	3	erstatten	1	fehlerhaft	1	Belastung	1
Störung	1	dokumentieren	1	unterlassen	2		
		Ist-Zustand	3				
		melden	2				
		erstellen	1				
		existieren	1				
Ergebnis (ERG)							
Objekt		***Handlung***		***Problem***		***Umstand***	
Prozedur	1	**Ist-Zustand**	**7**	**unterlassen**	**9**	Person	1
Bordbuch	**7**	eintragen	4	falsch	4	Stress	1
Kommunikationsmittel	1	erstatten	1	fehlerhaft	1	Leistungsgrenze	2
Bericht	3	beheben	1			**Arbeitsbelastung**	**6**
Störung	2	dokumentieren	2			Belastung	1
Flug	1	erstellen	1				
Vorfall	1						

Tabelle 5-13: Begriffswahl bei der Abbildung der Teilinformation „Bordbuch“ in den Komponenten „Arbeitsobjekt/-mittel“ und „Ergebnis“.

Werden beispielsweise in der Komponente „Handlung“ die Begriffe in den Satzgliedern „Objekt“ und „Aktion“ zusammengefasst und nach Bedeutungen geordnet, ergibt sich das in Tabelle 5-14 dargestellte einheitlichere Bild. Demnach haben von den 18 VP, welche die „Bordbuch“-Informationen in die Komponente „Handlung“ übertragen haben, 13 Personen (rund 73 Prozent) eine sinngemäß übereinstimmende Beschreibung der Handlung erstellt.

Handlung					
Bedeutung 1: „Etwas erledigen“		***Bedeutung 2: „Von etwas berichten“***		***übrige Kombinationen (teilweise ohne nachvollziehbaren Sinnzusammenhang)***	
Prozedur nachbereiten	1	Störung melden	2	Störung vergessen	1
Störung beheben	1	Bericht erstatten	1	Fahrwerk erstatten	1
		Bericht erstellen	1	Prozedur Ist-Zustand	1
		Bordbuch eintragen	6		
		Bordbuch dokumentieren	1		
		Vorfall dokumentieren	1		
		Vorfall eintragen	1		
Σ	2	**Σ**	13	**Σ**	3

Tabelle 5-14: Nach Bedeutungen gruppierte Handlungen beim „Bordbuch“

2) Das späte Abschalten des Autopiloten

„Aus Gewohnheit schaltet er (der Kapitän) erst in einer Höhe von 100 Fuß über der Landebahn den Autopiloten aus, ...“ (Ereignis „Seitenwind“)

Beim Landeanflug schaltet der Kapitän, so wie er es gemäß den Angaben offenbar gewohnheitsmäßig macht, in 100 Fuß (entspricht rund 30 m) Höhe über der Landebahn den Autopiloten aus, um das letzte Stück des Endanflugs und das Aufsetzen manuell durchzuführen. Ein solches Abschalten des Autopiloten im Endanflug ist eine übliche Vorgehensweise, da bei normalen Sichtverhältnissen von Hand präziser und sanfter aufgesetzt werden kann. Bei den herrschenden und aufgrund des Wetterberichts auch bekannten Wetterverhältnissen erfolgt dieses Abschalten jedoch relativ spät, da bei der Übernahme des Flugzeugs aus dem Automatikbetrieb mit starken Windeinflüssen gerechnet werden musste. Um das

Flugzeug unter diesen Umständen von Hand zu stabilisieren, hätte ein größerer Zeitpuffer einkalkuliert werden müssen. In Tabelle 5-15 ist wieder dargestellt, wie die Informationen in einer Expertenlösung auf die Komponenten des Mensch-Maschine-Systems verteilt wurden.

MMS-Komponente	***Ereignisinformation***
Situation	Datum: 15. Dezember 1998 Uhrzeit: 22:13 Uhr Ort: Flughafen London Typ: Boeing 767 Phase: Landeanflug
Umgebung	Ungünstige Windverhältnisse (Seitenwind)
Aufgabe/Ziel	Autopilot deaktivieren um manuell zu landen
Aktive Person	a) Kapitän b) Fliegender Pilot
Info-Eingang	-
Info-Ausgang	-
Handlung	Autopilot in 100 Fuß über der Landebahn deaktiviert, Flugzeug manuell übernommen, Problem: relativ spät, Umstand: Seitenwind
Arbeitsobjekt/-mittel	Steuerknüppel Autopilot Flugzeug
Rückmeldung	Autopilotanzeige Höhenanzeige
Ergebnis	Autopilot aus,

Tabelle 5-15: Verteilung der Autopilot-Informationen auf das MMS

Bei der Auszählung der Häufigkeiten ergibt sich die in Abbildung 5-18 dargestellte Verteilung. Die Häufigkeit der Komponente „Person“ entspricht hier ausnahmsweise nicht der Anzahl der Versuchspersonen, die diesen Aspekt des Ereignisses übertragen haben, da ein Teilnehmer hierzu keine Angaben gemacht hat. (Dieser leicht erkennbare Fehler muss künftig programmtechnisch ausgeschlossen werden.) Insgesamt haben 31 Versuchspersonen die Information übertragen, was auch am Balken der „Handlung“ zu erkennen ist. Die Verteilung zeigt, dass fast alle Personen diese Information auf die Komponenten „Aufgabe“ (AUF) und ‚Handlung’ (HAN) übertragen haben. Etwa ein Fünftel der Versuchspersonen ordnete diesen Aspekt zudem auch den Komponenten „Arbeitsobjekt“ und „Ergebnis“ zu.

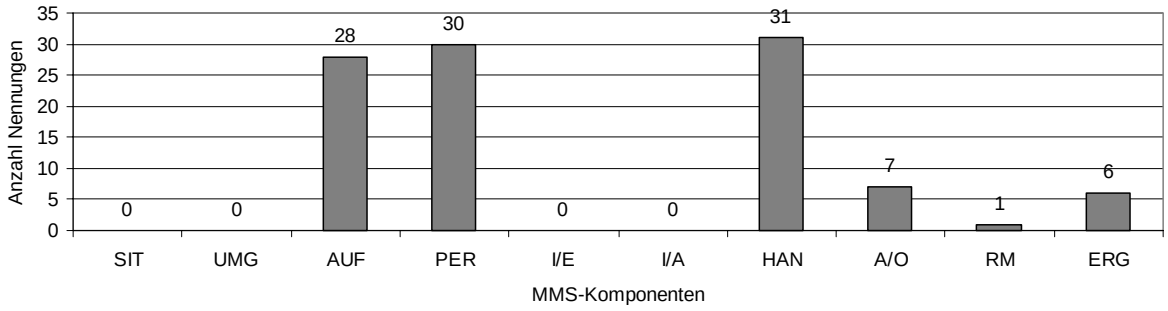


Abbildung 5-18: Verteilung der „Autopilot“-Informationen auf die MMS-Komponenten

Trotz der schon offensichtlichen Zuordnungsschwerpunkte bei „Aufgabe“ und „Handlung“, wird auch bei diesem Beispiel noch betrachtet, welche Komponenten die Versuchspersonen tatsächlich miteinander kombiniert haben. Die Auszählung dieser Kombinationen ist in Abbildung 5-19 dargestellt. Danach haben rund zwei Drittel (20) der Teilnehmer die Kombination „Aufgabe + Handlung“ zur Darstellung dieser Ereignissequenz gewählt. Sieben weitere Personen verwendeten ebenfalls diese Kombination, ergänzten sie jedoch um die Komponenten „Ergebnis“, „Arbeitsobjekt“ und bzw. oder „Rückmeldung“.

Lediglich drei Versuchspersonen entschieden sich dazu, die Information ausschließlich über die Komponente „Handlung“ zu transportieren.

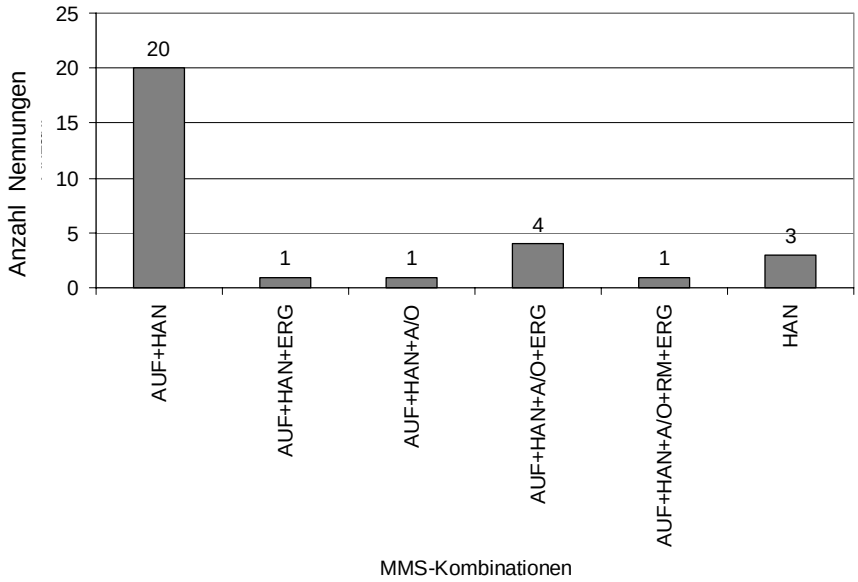


Abbildung 5-19: Kombinationen der MMS-Komponenten zur Beschreibung des „Autopilot“-Aspekts

Zur Untersuchung der verwendeten Begriffe werden lediglich die beiden von den meisten Versuchspersonen verwendeten Komponenten „Aufgabe“ (AUF) und „Handlung“ (HAN) betrachtet. Dazu werden die verwendeten Begriffe aufgelistet und deren Häufigkeiten ausgezählt, siehe Tabelle 5-16. Die näheren Erläuterungen der Begriffe werden bei diesen Beispielen nicht in dieser Form ausgewertet. Einerseits sind die Beschreibungen durch die versuchsbedingt kurze Darstellung der Ereignisse vergleichsweise dünn ausgefallen, andererseits haben diese momentan noch keine Bedeutung für die quantitative Auswertung.

Aufgabe (AUF)							
Objekt		***Handlung***		***Problem***		***Umstand***	
Landevorgang	9	durchführen	9	problematisch	1		2
Flugzeug	**16**	**landen**	**15**	**keine Probleme**	**6**		
Anflug	1	fliegen	1				
Autopilot	2	ausschalten	1				
		deaktivieren	2				
Handlung (HAN)							
Objekt		***Handlung***		***Problem***		***Umstand***	
Autopilot	**16**	**deaktivieren**	**15**	fehlerhaft	7	**Gewohnheit**	**17**
Landevorgang	5	durchführen	4	**problematisch**	**10**	Erfahrung	2
Anflug	1	landen	5	falsch	3	Sorgfalt	1
Flugzeug	4	fliegen	1	kein Fehler	2	Bewusstsein	1
Flugzustand	2	ausschalten	5	nicht möglich	1	Wetterverhältnisse	2
Navigationseinrichtung	1	korrigieren	1	gieren & driften	1		
Automatik	1						
Bedienelement	1						

Tabelle 5-16: Begriffswahl bei der Abbildung der Teilinformation „Autopilot“.
Pro Komponente und Satzglied ist der am häufigsten verwendete Begriff fett markiert.

Aus der Auswertung geht hervor, dass die Begriffswahl sehr von Blickwinkel und Detaillierungsgrad der Darstellung abhängt. So gibt es beim Aufgabenobjekt die beiden Blickwinkel „Flugphase“ (mit den

Detaillierungsstufen „Landevorgang“ oder „Anflug“) und „System“ (im Detail „Flugzeug“ oder „Autopilot“), siehe Tabelle 5-17. Die Mehrheit der Nennungen liegt bei beiden Sichtweisen bei der jeweils gröberen Detaillierung: „Flugzeug“ (16) und „Landevorgang“ (9).

Blickwinkel / **Detaillierung**	***„Flugphase“***	***„System“***
grob	„Landevorgang“ (9)	„Flugzeug“ (16)
fein	„Anflug“ (1)	„Autopilot“ (2)

Tabelle 5-17: Blickwinkel und Detaillierungsgrad beim Aufgabenobjekt

Bei der Aufgaben-Handlung (Komponente-Satzglied) wurde von rund der Hälfte der Versuchspersonen der Begriff ‚landen’ aus der Vorschlagsliste ausgewählt. Dieses Verb korrespondiert mit dem Objekt „Flugzeug“ und wurde in dieser Kombination von rund der Hälfte der Teilnehmer gewählt. Die zweithäufigste Wahl liegt mit knapp einem Drittel der Nennungen (9) bei „Landevorgang durchführen“. Vom Inhaltsgehalt her können – unter Berücksichtigung der impliziten Bedeutung der MMS-Komponenten – beide Formulierungen als gleichwertig angesehen werden. Ein Fünftel der Versuchspersonen gab an, dass es „keine Probleme’“ gab, eine Aussage, die mit einer Nichtbelegung dieses Begrifffeldes gleichbedeutend ist. Eine Person hat angegeben, dass bereits die Aufgabenstellung „problematisch“ sei. Hierbei handelt es sich jedoch um den bekannten Verwechslungsfehler, dass Probleme bei der Ausführung schon bei der Aufgabenstellung beschrieben werden. Das Programm versucht durch eine Rückfrage solche Fehler zu verhindern, was in diesem einen speziellen Fall offensichtlich nicht gelang.

Im Gegensatz zur Aufgabenstellung, die sich hier durch eine eher allgemeinere Formulierung des Geschehens kennzeichnet, hat die Mehrheit der Versuchspersonen bei der Handlung spezifischere Begriffe gebraucht. Der Hauptpfad durch die Begriffe, geordnet nach der Häufigkeit, liegt auf der Folge:

Autopilot (51,6 %) – deaktivieren (48,4 %) – problematisch (32,3 %) – Gewohnheit (54,8 %),

die damit das Geschehen zutreffend wiedergeben würde. (In Klammer ist die relative Häufigkeit der Nennungen angegeben.) Der Umstand „Gewohnheit“, nimmt bei dieser Betrachtung grundsätzlich eine Sonderstellung ein, da zu jedem Problem die Angabe von mehreren Umständen möglich ist, d. h. die Umstandsbegriffe schließen sich nicht gegenseitig aus, sondern ergänzen sich. Wird mit den Begriffen in der Komponente „Handlung“ eine Synonymisierung durchgeführt, ergibt sich ein Bild, bei dem sinngemäß vergleichbare Aussagen bei deutlich über 50 Prozent der Versuchspersonen erkennbar sind. Dies stellt jedoch nur eine Gesamtsicht über alle Versuche dar. Die Einzelergebnisse können jeweils stärker von dieser allgemeinen Aussage abweichen.

Handlung (HAN)							
Objekt		***Handlung***		***Problem***		***Umstand***	
Autopilot Automatik Navigationseinrichtung	**18** **58,1 %**	**deaktivieren** ausschalten	**20** **64,5 %**	**problematisch** fehlerhaft	**17** **54,8 %**	**Gewohnheit**	**17** **54,8 %**
Landevorgang Anflug	6	durchführen	4	falsch	3	Erfahrung	2
Flugzeug	4	landen	5	kein Fehler	2	Sorgfalt	1
Flugzustand	2	fliegen	1	nicht möglich	1	Bewusstsein	1
Bedienelement	1	korrigieren	1	gieren & driften	1	Wetterverhältnisse	2

Tabelle 5-18: Handlungsbegriffe nach Synonymisierung

3) Verspätete Evakuierung des Flugzeugs

„Die Evakuierung durch die Flugbegleiter wird verzögert, weil der Kapitän, wegen Schäden an der Bordsprechanlage, den Evakuierungsbefehl nicht sofort durchgeben kann“ (Ereignis „Seitenwind“)

Diese Teilinformation lässt sich in zwei weitere Unteraspekte einteilen: a) Evakuierungsbefehl kann zunächst nicht durchgegeben werden und b) Evakuierung wird verzögert. Von den 33 Versuchspersonen (einschließlich der Expertenlösung) haben 27 diese beiden Aspekte gemeinsam in einem Unterereignis

beschrieben. Davon haben 21 Teilnehmer dieses Unterereignis der Flugbegleitung, bzw. Besatzung zugeordnet, fünf sahen den Kapitän bzw. den Piloten als Aktive Person und einer sah es sogar aus dem Blickwinkel der Passagiere. Drei Versuchspersonen haben diese eine Information in verschiedenen Unterereignissen beschrieben. Alle drei haben die misslungene Durchsage dem Kapitän, bzw. fliegenden Piloten zugeordnet und die nachfolgende Evakuierung der Flugbegleitung. Drei Teilnehmer haben die Durchsage und Evakuierung des Flugzeugs nicht berücksichtigt. In Tabelle 5-19 ist wieder dargestellt, wie dieser Ereignisaspekt in einer Expertenlösung auf die MMS-Komponenten verteilt wurde.

MMS-Komponente	***Unterereignisaspekt***
Situation	Datum: 15. Dezember 1998, Uhrzeit: 22:13 Uhr Ort: Flughafen London, Typ: Boeing 767 Phase: Bruchlandung
Umgebung	Arbeitsbedingungen: Notfallsituation, Flugzeug beschädigt
Aufgabe/Ziel	Flugzeug evakuieren, im Detail: a) Kapitän will Flugzeug evakuieren und dazu Anweisung geben b) Flugbegleitung erhält Anweisung zur Evakuierung
Aktive Person	a) Kapitän (gibt Anweisung zur Evakuierung) b) Flugbegleitung (führt Evakuierung durch)
Info-Eingang	a) (der Aspekt, dass der Kapitän den Defekt an der Bordsprechanlage erkennt, spielt bei diesem Beispiel keine Rolle) b) -
Info-Ausgang	a)
Handlung	Autopilot in 100 Fuß über der Landebahn abschalten, Flugzeug manuell übernehmen, Problem: relativ spät, Umstand: Seitenwind
Arbeitsobjekt	Steuerknüppel Autopilot Flugzeug
Rückmeldung	Autopilotanzeige Höhenanzeige
Ergebnis	Autopilot aus

Tabelle 5-19: Verteilung der Evakuierungs-Informationen auf das MMS

Die Auswertung der Zuordnung der Evakuierungsinformationen zu den Mensch-Maschine-System-Komponenten ergibt eine relativ breit gestreute Verteilung, bei der zu allen Komponenten Informationen zugeordnet wurde, siehe Abbildung 5-20, wobei die Komponente Situation bei dieser Auswertung nicht berücksichtigt wird. Entsprechend der Gesamtanzahl der Zuordnungen der „Aktiven Person“ haben insgesamt 30 Versuchspersonen den Evakuierungsaspekt beschrieben. Auf erhöhtem Niveau bewegt sich erwartungsgemäß die Folge „Aufgabe (28) – Handlung (29) – Ergebnis (28)“, gefolgt von den Komponenten „Arbeitsobjekt“ (23), „Info-Eingang“ (16) im mittleren Bereich und „Rückmeldung“ (8), „Info-Ausgang“ (6), „Umgebung“ (4), denen in geringerem Maße Informationen zugeordnet wurden.

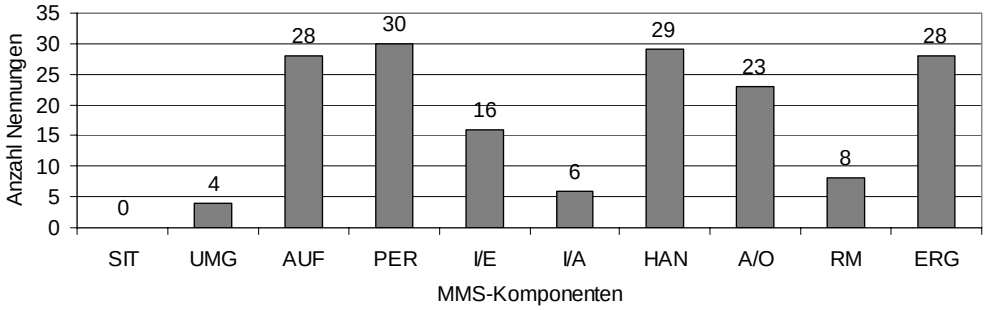


Abbildung 5-20: Verteilung der „Evakuierungs"-Informationen auf die MMS-Komponenten

Die Auswertung der Kombinationen liefert ein sehr breites Spektrum an beobachteten Verknüpfungen mit zunächst geringer Aussagekraft, siehe Abbildung 5-21. Auf den ersten Blick geht daraus hervor, dass maximal fünf der insgesamt 31 der Versuchspersonen zu einer identischen Kombination von Komponenten gekommen sind. Allerdings unterscheiden sich die Kombinationen zum größten Teil nur geringfügig. Anmerkung: Die Komponenten „Situation" und „Umgebung" und „Aktive Person" werden bei dieser Betrachtung außer acht gelassen.

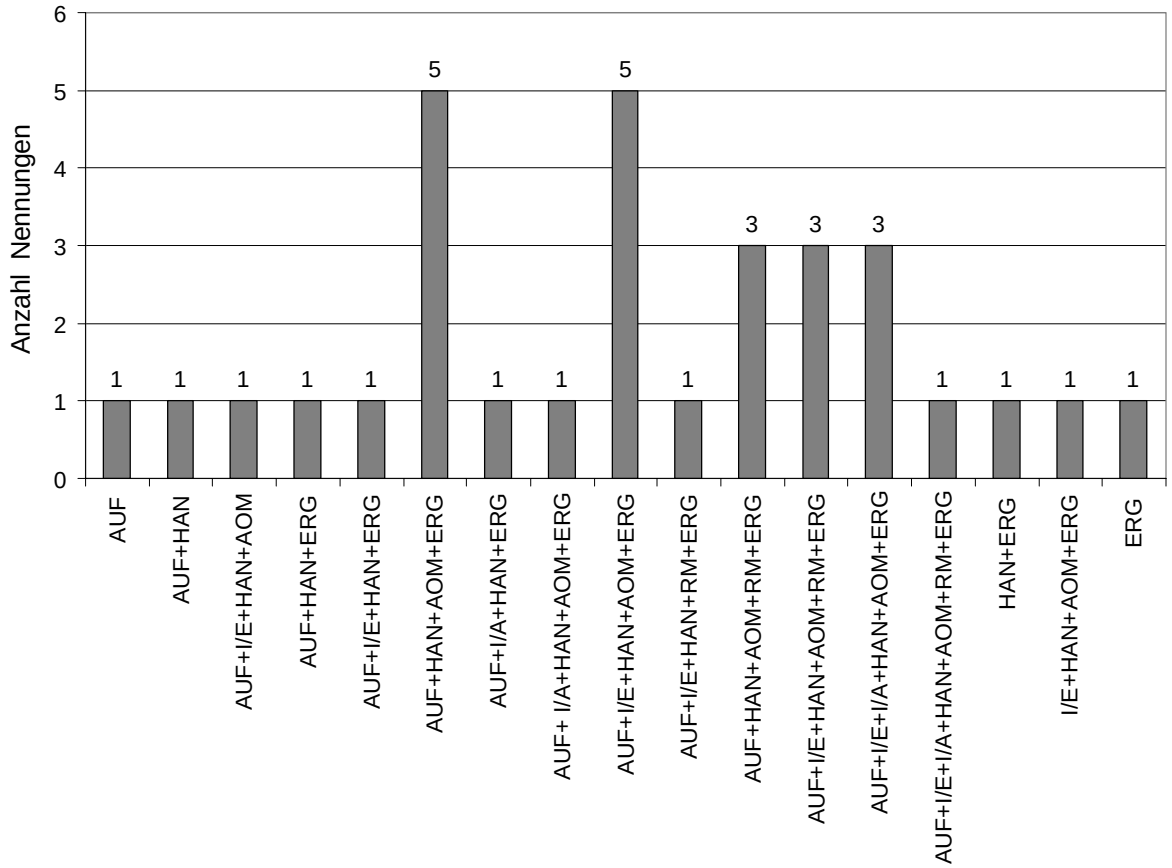


Abbildung 5-21: Kombinationen der MMS-Komponenten bei der Teilinformation „Evakuierung"

Um hiervon ein klareres Bild zu bekommen, werden die Kombination zusätzlich noch nach Häufigkeiten ausgewertet. Wie bereits aus der Abbildung 5-20 hervorgeht, wurden die Komponenten „Aufgabe" und „Handlung" – alleine oder in Verbindung mit anderen Komponenten („X") - am häufigsten verwendet. Folglich ist bei den insgesamt 31 Stichproben die Kombination „Aufgabe + Handlung + X" die dritthäufigste Variante bei 28 Versuchspersonen. Es fällt auf, dass bei den vier nachfolgend am häufigsten genannten Kombination jeweils nur eine weitere Komponente ergänzt werden muss. Aus der Häufigkeit der Kombinationen lässt sich ablesen, mit welcher Priorität die Komponenten bearbeitet

wurde. Am wichtigsten war demnach die „Handlung“ als Kern des Geschehens. Danach kommt erst die zugehörige „Aufgabe“, gefolgt vom „Ergebnis“ der „Handlung“. Dann erst kommen „Arbeitsobjekt /–mittel“ und der „Info-Eingang“.

Aus dieser Betrachtung lassen sich Schlüsse auf die Vorgehensweise der Versuchspersonen ableiten. Die „Handlung“, als unmittelbar ablesbare und präsente Ereignisinformation steht zunächst im Zentrum der Betrachtung. „Aufgabe“ und „Ergebnis“ umschließen die „Handlung“, sind aber nicht so unmittelbar ablesbar wie diese und kommen wahrscheinlich deshalb bei der Beschreibung erst später an die Reihe. Erst wenn dieser durchgehende Pfad für die eingebende Person beschrieben zu sein scheint, werden die übrigen Komponenten abgearbeitet. Ein „Arbeitsobjekt oder –mittel“ hat dabei offenbar einen geringeren Beachtungswert, obwohl es eigentlich die Brücke zwischen „Handlung“ und „Ergebnis“ darstellt. „Informationsfluss“ und „Rückmeldung“ wurden, da sie sich in vielen Fällen nicht unmittelbar aus der Vorlage erschließen lassen, meist erst zuletzt bearbeitet. Dies zeigt aber auch den unmittelbaren Einfluss der Vorlage. Würde darin explizit genannt sein: „die Aufgabe der Person war ...“ oder „das Ergebnis am Systemausgang war ...“, dann würde die Reihenfolge der Beschreibung mit Sicherheit entsprechend anders ausfallen. Das Ergebnis dieser Auszählung ist in Abbildung 5-22 dargestellt.

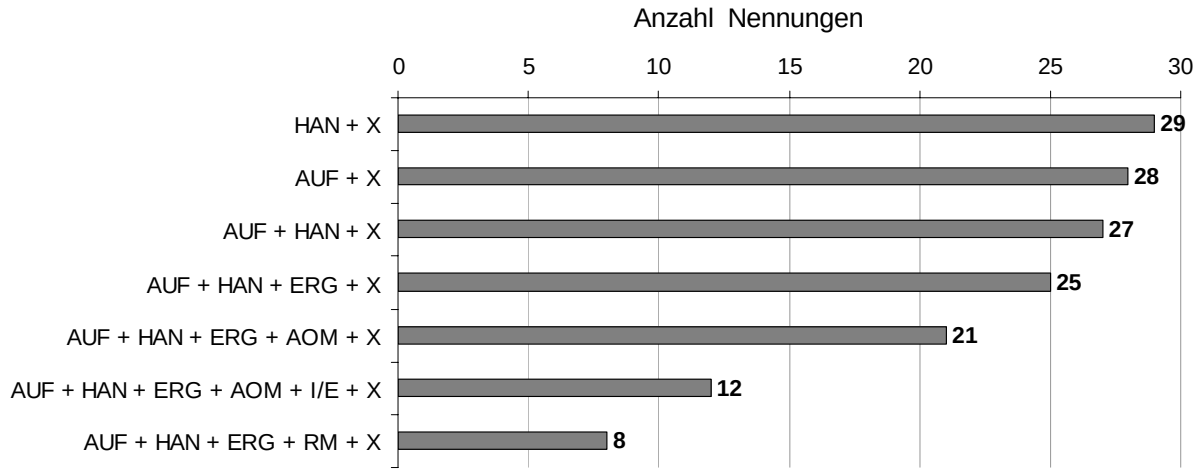


Abbildung 5-22: Häufigkeit bestimmter Kombinationen von MMS-Komponenten bei der Evakuierung. (Der Buchstabe „X“ steht für eine beliebige Anzahl von übrigen Komponenten)

Abschließend werden wieder, wie bei den Beispielen zuvor, die verwendeten Begriffe aufgelistet und ihre Häufigkeiten ausgezählt. Bei diesem Beispiel kommen dazu in Betracht die Komponenten: „Aufgabe“, „Handlung“, „Info-Eingang“, „Info-Ausgang“, „Arbeitsobjekt/-mittel“, „Rückmeldung“ und „Ergebnis“, siehe Tabelle 5-20. Darin sind diejenigen Begriffe fett markiert, die relativ gesehen am häufigsten vorkommen.

Würde man in jeder Komponente aus den häufigsten Begriffen wieder Sätze bilden, so ergeben sich folgende Aussagen. Die in eckige Klammern [] gesetzten zusätzlichen Informationen gehen aus dem Kontext der Beschreibung des Unterereignisses oder aus der Satzstruktur hervor. In runden Klammern () ist die relative Häufigkeit der Begriffe angegeben.

- *Aufgabenstellung [an Flugbegleiter]: Passagiere (38 %), bzw. Flugzeug (31 %) evakuieren (53 %) fehlerhaft (19 %) [unter dem Umstand eines] technischen Defekts (25 %).*
- *Info-Eingang: Kapitän (31 %) [Sender] mitteilen (13 %) [an Flugbegleiter als Empfänger] problematisch (19 %) [unter dem Umstand eines] technischen Defekts (22 %).*
- *Handlung [der Flugbegleiter]: Passagiere (53 %) evakuieren (44 %) fehlerhaft (41 %) [unter dem Umstand einer] technischen Störung (22 %).*
- *Arbeitsobjekt: Passagiere und Crew (41 %) evakuiert (28 %)*
- *Ergebnis: Passagiere (69 %) Ist-Zustand (44 %) falsch (34 %)*

Mit dieser Auswertung kann überprüft werden, ob die Abbildung im Modell dem Urbild entspricht, wie es im schriftlichen Ausgangsbericht gezeichnet ist. Dazu wird nun kurz der Informationsgehalt der Begriffskombinationen betrachtet. Die Sätze klingen zwar wegen der systemischen Grammatik etwas holprig, aber es geht doch eindeutig aus ihnen hervor, dass es sich hier um eine *Evakuierung handelt, bei der es sowohl bereits bei der Aufgabenstellung als auch bei der Durchführung Fehler gab, die mit einem technischen Defekt bzw. Schaden zusammenhängen. Die Passagiere wurden evakuiert und dabei beeinträchtigt („falscher Zustand"). Während des Ereignisses kam es zu einer Störung im Informationsfluss, wobei es dem Kapitän offenbar wegen eines technischen Defekts Probleme bereitete, den Flugbegleitern etwas mitzuteilen.*

Bereits durch diese einfache Häufigkeitsauswertung werden die zentralen Ereignisinformationen zutreffend wiedergegeben. Allerdings spielt dieses Ergebnis nur für den hier durchgeführten Versuch eine Rolle, da in der Praxis wahrscheinlich nicht damit zu rechnen ist, dass ein einzelnes Ereignis in dieser Häufigkeit wiederholt eingegeben wird. Die relative Häufigkeit der in den oben angeführten Hauptaussagen verwendeten 18 Begriffe variiert zwischen 13 und 69 Prozent und liegt durchschnittlich bei rund 35 Prozent.

Eine Ursache für diese geringe relative Häufigkeit liegt in der auch bei den früheren Beispielen festgestellten hohen Variationsbreite beim Gebrauch von Begriffen. Wie bereits in der theoretischen Vorbereitung des Versuchswerkzeuges dargelegt, kommt dieses breite Spektrum dadurch zustande, dass:

- Begriffe synonym verwendet werden können,
- verschiedene Sichtweisen und Detaillierungsgrade möglich sind und
- nicht ausgeschlossen werden kann, dass Begriffe inhaltlich oder formal falsch ausgewählt oder zugeordnet werden.

Außerdem gibt es bei den Satzgliedern „Problem" und „Umstand" zusätzlich noch den Einfluss der persönlichen Interpretation des aufgetretenen Fehlers und der erkannten Umstände. Bei indirekten „weichen" Umständen ist die Variationsbreite deutlich höher als bei direkten „harten" Umständen. Die Existenz und der Einfluss dieser Faktoren werden durch das Versuchsergebnis bestätigt. In dem Spektrum sind aber stets auch Begriffe enthalten, die nur vereinzelt (z. B. < 5 Prozent) vorkamen. Ein solch seltenes Auftreten kann als Kriterium dafür verwendet werden, diese Begriffe entweder zur Synonymisierung freizugeben, oder sie - falls diese nicht durchführbar ist - auszuschließen. Das Verwerfen von Begriffen muss jedoch beim Satzglied „Umstand" besonders sorgfältig geprüft werden, da hier Mehrfachnennungen möglich sind und auch seltene Begriffe wichtige Problemhinweise darstellen können. Diese Vorgehensweise gilt zunächst nur für die untersuchte Versuchskonstellation (ein Ereignis - wiederholte Eingabe). Es bleibt für spätere Arbeiten die Untersuchung übrig, ob sich dies auch für eine praxisorientierte Ereignisdatenbank (viele Ereignisse - einmalige Eingabe) eignet. Das Resultat, nach Durchführung von Synonymisierung und Wegfall von Begriffen, ist zum Vergleich in Tabelle 5-21 aufgelistet. Nach dieser Prozedur stellt sich der zuvor beschriebene Ereignisaspekt wie folgt dar:

- *Aufgabenstellung [an Flugbegleiter]: Passagiere (38 %), bzw. Flugzeug (31 %) evakuieren (63 %) fehlerhaft (31 %) [unter dem Umstand eines] technischen Defekts (38 %).*
- *Info-Eingang: Kapitän (31 %) [Sender] mitteilen (34 %) [an Flugbegleiter als Empfänger] fehlerhaft (47 %) [unter dem Umstand eines] technischen Defekts (38 %).*
- *Handlung [der Flugbegleiter]: Passagiere (53 %) evakuieren (50 %) fehlerhaft (47 %) [unter dem Umstand einer] technische Störung (47 %).*
- *Arbeitsobjekt: Passagiere und Crew (44 %) evakuieren (31 %) fehlerhaft (22 %).*
- *Ergebnis: Passagiere (69 %) Ist-Zustand (44 %) falsch (38 %).*

Die neue relative Häufigkeit der Hauptaussagen besitzt ihre Eckpunkte bei 22 Prozent (Minimum) und 68 Prozent (Maximum), wobei sich der durchschnittliche Wert auf rund 44 Prozent verbessert hat. Die Prozedur wurde im konkreten Fall von Hand durchgeführt, wäre aber im praktischen Fall zumindest teilweise auch automatisiert umsetzbar.

Komponente	*Objekt*		*Handlung*		*Problem*		*Umstand*	
Aufgabe (AUF)	Notfallprozedur	5	durchführen	4	**fehlerhaft**	**6**	Schaden	3
	Passagiere	**12**	**evakuieren**	**17**	**problematisch**	**4**	Kommunikation	2
	Flugzeug	**10**	verlassen	3	unterlassen	1	Dunkelheit	1
	Kommunikationsmittel	2	kommunizieren	5	**nicht möglich**	**5**	Lage des Flugzeugs	1
	Anweisung	1	entscheiden	1	**keine Probleme**	**4**	Vorschrift	1
	Störungsmanagement	1	anweisen	1	Versagen	1	**technischer Defekt**	**8**
	Landevorgang	1	Panik	1			Störung, innere	1
							Störung, äußere	1
							Landung	1
Handlung (HAN)	Notfallprozedur	6	durchführen	4	**fehlerhaft**	**13**	**Schaden**	**6**
	Passagiere	**17**	**evakuieren**	**14**	problematisch	2	Kommunikation	3
	Flugzeug	6	kommunizieren	4	falsch	6	Panik	1
	Störungsmanagement	1	verlassen	2	nicht möglich	3	**technische Störung**	**7**
	Kommunikationsmittel	2	Ist-Zustand	1	keine Probleme	1	psychische Verfassung	1
	Evakuierung	1	anweisen	4	unterlassen	2	Störung, äußere	1
			unterlassen	1			Information	1
			vermutlich untätig	1			Angst	2
			panische Reaktion	1			Verfügbarkeit	1
							Organisation	1
							Zeitdruck	1
							Technik	1
Info-Eingang (I/E)	**Kapitän**	**10**	Evakuierungsbefehl	1	**fehlerhaft**	**5**	Beschädigung	3
	Fliegender Pilot	2	akustisch	3	**problematisch**	**6**	**technischer Defekt**	**7**
	Umwelt	1	**mitteilen**	**5**	nicht möglich	2	Störung, innere	2
	Passagier	1	Sprechfunk	2	kein Fehler	1		
	Flugbegleiter	3	mündlich	3				
			Befehl	2				
			handelnd	1				
Info-Ausgang (I/A)	**Passagier**	**4**	mündlich	1	fehlerhaft	2	Störung, innere	1
	System	1	mitteilen	2	kein Fehler	1	Störung, äußere	1
	Flugbegleiter	1	physikalisch	1	nicht möglich	1		
			akustisch	1				
			später Befehl	1				
Arbeitsobjekt, -mittel (AOM)	Notfallprozedur	2	durchführen	4	fehlerhaft	4	Kommunikation	1
	Flugzeug	4	**evakuieren**	**9**	problematisch	2	Fehlverhalten	3
	Passagiere, Crew	**13**	kommunizieren	3	falsch	3	Panik	1
	Personal	1	versagt	1	undiszipliniert	1	Defekt	2
	Störungsmanagement	1	anweisen	1	unterlassen	1	Angst	1
	Kommunikationsmittel	2	Ruhe bewahren	1	irrational	1	Umgebung	1
	Bordsprechanlage	1	Soll-Zustand	1	nicht verfügbar	1	Crash	1
			Ist-Zustand	1				
			verlassen	1				
			reagieren	1				
			Vorgang	1				
Rückmeldung (RM)	Flugzeug	1	akustisch	1	falsch	1	Gefahr	1
	Passagier	**6**	Ist-Zustand	1	widersprüchlich	1		
	Zustand	1	evakuieren	1				
			anderweitig	3				
			akustisch & visuell	2				
Ergebnis (ERG)	**Passagiere, Crew**	**22**	**Ist-Zustand**	**14**	**falsch**	**11**	Technik	1
	Flugzeug	4	evakuieren	8	problematisch	3	Panik	3
	Störungsmanagement	1	verletzt	1	fehlerhaft	6	Situation	4
			verlassen	2	Versagen	1	Störung, innere	1
			anweisen	1			Fehlfunktion	2
			Panik	1			Defekt	1
							Fehlverhalten	2
							Einwirkung	1
							Landung	1

Tabelle 5-20: Begriffswahl bei der Abbildung der Teilinformation „Evakuierung“ <u>ohne</u> Synonymisierung und Wegfall von Begriffen

Komponente	*Objekt*		*Handlung*		*Problem*		*Umstand*	
Aufgabe (AUF)	Notfallprozedur Störungsmanagement	6	durchführen	4	**fehlerhaft** problematisch	**10**	**technischer Defekt** Schaden Störung, innere	**12**
	Passagiere	**12**	**evakuieren** verlassen	**20**	nicht möglich	5	Kommunikation	2
	Flugzeug	**10**	kommunizieren anweisen	6	keine Probleme	4	Dunkelheit	1
							Lage des Flugzeugs	1
							Vorschrift	1
							Störung, äußere	1
Handlung (HAN)	Notfallprozedur Störungsmanagement Evakuierung	8	durchführen	4	**fehlerhaft** problematisch	**15**	**Schaden** technische Störung Technik	**15**
	Passagiere	**17**	**evakuieren** verlassen	**16**	falsch unterlassen	9	Kommunikation	3
	Flugzeug	6	kommunizieren anweisen	8	nicht möglich	3	Panik Angst psychische Verfassung	4
							Störung, äußere	1
							Information	1
							Verfügbarkeit	1
							Organisation	1
							Zeitdruck	1
Info-Eingang (I/E)	**Kapitän**	**10**	akustisch	3	**fehlerhaft** problematisch	**11**	Beschädigung **technischer Defekt** Störung, innere	**12**
	Fliegender Pilot	2	**mitteilen** mündlich befehlen	**11**	nicht möglich	2		
	Flugbegleiter	3	Sprechfunk	2				
Info-Ausgang (I/A)	**Passagier**	**4**	mündlich **mitteilen**	**3**	fehlerhaft	2	Störung	2
Arbeitsobjekt, -mittel (AOM)	Notfallprozedur Störungsmanagement	3	durchführen	4	**fehlerhaft** problematisch undiszipliniert	**7**	Kommunikation	1
	Flugzeug	4	**evakuieren** verlassen	**10**	falsch unterlassen	4	Fehlverhalten	3
	Passagiere, Crew Personal	**14**	kommunizieren anweisen	4			Panik Angst	2
	Kommunikationsmittel Bordsprechanlage	3					Defekt Crash	3
							Umgebung	1
Ergebnis (ERG)	**Passagiere, Crew**	**22**	**Ist-Zustand**	**14**	**falsch** Versagen	**12**	Technik Defekt Fehlfunktion **Störung, innere**	**5**
	Flugzeug	4	evakuieren verlassen	10	problematisch **fehlerhaft**	9	Panik	3
							Situation	4
							Fehlverhalten	2
							Einwirkung	1
							Landung	1

Tabelle 5-21: Begriffswahl bei der Abbildung der Teilinformation „Evakuierung“ <u>nach</u> Synonymisierung und Wegfall von Begriffen

Allgemeine Bewertung der Satzbildung

Den Abschluss der Auswertung der Satzbildung bildet ein Blick auf den subjektiven Eindruck der Versuchspersonen, wie er aus den Antworten zu zwei Fragen im Fragebogen hervorgeht. Einerseits hinsichtlich der Eignung des Satzbaus und andererseits zur Verwendbarkeit der bereitgestellten Begriffe. Die Einschätzung liegt in beiden Fällen mehrheitlich im Bereich um „gut“, wobei die Verwendbarkeit der Taxonomie von vier Versuchspersonen auch als „eher schlecht“ beurteilt wurde, siehe Abbildung 5-23. Ausgewertet über eine Notenskala von 1 (sehr gut) bis 5 (überhaupt nicht) liegt die Eignung des Satzbaus bei 2,2 (Standardabweichung: 0,73) und die Verwendbarkeit der Taxonomie bei 2,5 (Standardabweichung: 0,83).

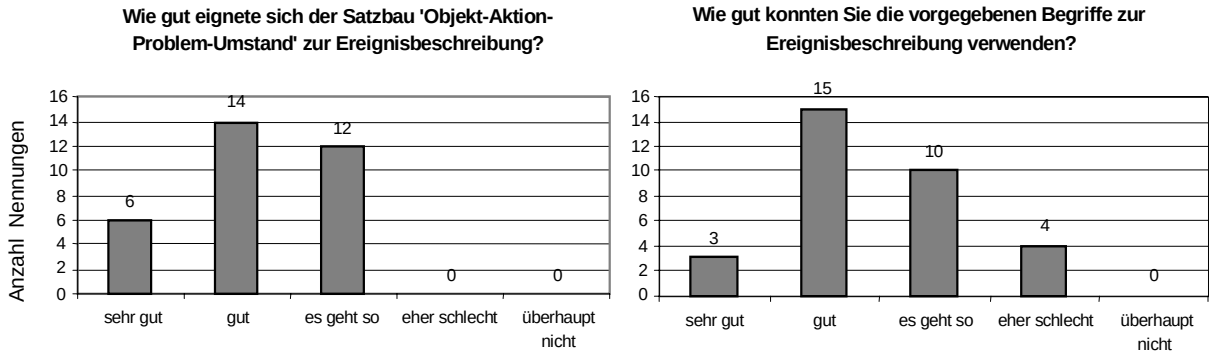


Abbildung 5-23: Versuchsbefragung zur Satzbildung und Begriffswahl

Insgesamt wird in allen drei Beispielen deutlich, welche Bedeutung einer gemeinsamen Taxonomie im vorgesehenen Anwendungsbereich zukommt, in der nicht nur einheitliche Begriffe zur Auswahl angeboten werden, sondern auch bei den eingebenden Personen ein einheitliches Verständnis über deren Bedeutung existiert. Weiter muss diese Taxonomie so umfangreich sein, dass sich alle Information auf die Begriffe übertragen lassen, wobei der Umfang wiederum durch den Rahmen der Anwendbarkeit begrenzt wird. Dieser Idealfall kann jedoch aufgrund der unvermeidbaren individuellen Unterschiede im Verständnis und Gebrauch von Begriffen niemals erreicht, sondern kann nur angenähert und optimiert werden. Für den Aufbau solcher Taxonomien ist eine breite experimentelle Anwendung im vorgesehenen Praxisbereich unabdingbar, wobei hierin eine Grenze dieser Arbeit erreicht ist.

5.5.4 Nutzen der Versuchsergebnisse

Natürlich wird bei Anwendung in der Praxis kaum der Fall auftreten, dass einzelnes Ereignis mehrfach von verschiedenen Personen erfasst wird, wie es hier im Hauptversuch erprobt wurde. Normalerweise wird später ein Ereignis von einer Person genau einmal eingegeben. Insofern ist die Frage berechtigt, welcher praktischer Nutzen aus dem Versuchsergebnis gewonnen werden kann.

Hinsichtlich der EDV-gestützten, quantitativen Ereignisanalyse ist es grundsätzlich problematisch, dass Form und Inhalt von Ereignisberichten wesentlich von den subjektiven Einflüssen der eingebenden Personen abhängen. Eine Methodik, mit der versucht wird, Form und Inhalt in einheitliche Bahnen zu lenken, muss natürlich dahingehend untersucht werden, wie gut diese Einheitlichkeit letztlich erreicht wird. Diese ist eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass eine gewisse Objektivität bei der Erfassung von Ereignissen gewährleistet werden kann. Der Versuch liefert hierzu nun Anhaltswerte, mit Hilfe derer die Einheitlichkeit bewertet werden kann, die sich bei der Ereigniserfassung erzielen lassen. Diese Werte sind in erster Linie dazu notwendig, um weitere Modifikationen bei der Methode dahingehend zu prüfen, ob sie die Einheitlichkeit verbessern oder verschlechtern. Insbesondere die Vorgehensweise bei der Auswertung der Begriffswahl kann bei der Entwicklung praxistauglicher Taxonomien eingesetzt werden. Auch können damit Vergleiche mit anderen Methoden angestellt werden, wenn diese auf ähnliche Weise getestet wurden. Andererseits gehen aus dem Versuch die Größenordnungen bei der Variation und dem Schwund bei den Informationen hervor, mit denen beim praktischen Einsatz der Methode gerechnet werden muss. Diese können helfen, dass nach quantitativen Analysen, sowohl die Aussagekraft von Einzelergebnissen als auch mögliche Dunkelziffern realistisch eingeschätzt werden können.

6. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE, DISKUSSION UND AUSBLICK

6.1 Ausgangsproblem und Lösungsansatz

Allen Bereichen der Arbeitswelt wird das Bestreben unterstellt, möglichst sicher und zuverlässig funktionieren zu wollen. Eine wesentliche Voraussetzung für das Erreichen dieses Ziels stellt die entsprechende Auslegung des Gesamtsystems dar. Im ganzheitlichen Sinne zählen neben der Technik dazu auch der Mensch, die Organisation und deren Einbindung in Umgebung und Gesellschaft. Aber auch durch keine noch so aufwendige Vorhersehung kann der Eintritt von unerwünschten Ereignissen völlig ausgeschlossen werden. Diese werden sich immer in mehr oder minder schwerer Form einstellen, können aber als Hinweise auf Schwachstellen im Gesamtsystem ausgenutzt werden. Solchen Hinweisen systematisch nachzugehen ist eine Möglichkeit, die unbedingt genutzt werden sollte, um das angestrebte Niveau von Zuverlässigkeit und Sicherheit zu erreichen und zu halten. Allerdings sind in vielen Bereichen der Praxis erhebliche Defizite bei der systematischen Auswertung von Ereignisdaten erkennbar. Besonders augenfällig sind dabei die stark an vordergründigen Ursachen orientierte Erfassung, die uneinheitliche Darstellung von Ereignisdaten und die damit in der Folge meist fehlende oder nicht durchführbare vergleichende Analyse.

Als Lösungsansatz für diese Verkettung von Mängeln wurde in dieser Arbeit eine Methode entwickelt, mit der sich beliebige Ereignisse aus der Arbeitswelt derart systematisch erfassen lassen, dass vergleichende Detailanalysen mit anderen auf diese Weise beschriebenen Ereignissen möglich werden. Bei dieser Methode werden Ereignisse in überschaubare Abschnitte zerteilt und diese jeweils strukturiert dokumentiert. Die fertige Ereignisbeschreibung stellt eine chronologische Abfolge von Unterereignissen dar, die jeweils inhaltlich und zeitlich abgegrenzte Sequenzen des Ereignisses enthalten. Dabei wird eine Modellvorstellung verwendet, die auf der bereits existierenden Beschreibungsstruktur des Ereignisanalyseverfahrens CAHR (STRÄTER, 1997) aufbaut. Diese baut auf dem arbeitswissenschaftlichen Mensch-Maschine-System auf, das den Arbeitsprozess als Regelkreis darstellt.

Zur Unterstützung des Erfassungsprozesses wurden Maßnahmen unternommen, um die Abhängigkeit der Ereignisdarstellung von den subjektiven Einflüssen der berichtenden Personen zu entkoppeln und so die Reliabilität und Objektivität der Beschreibung zu erhöhen. Für die praktische Anwendung der Methode wurde das rechnergestützte Erfassungswerkzeug EVEO entwickelt, mit Hilfe dessen sich Informationen über Ereignisse gemäß den angeführten Anforderungen auf ein Beschreibungsmodell übertragen und übersichtlich darstellen lassen.

Der Hintergrund für das Bestreben, eine vergleichende Ereignisanalyse durch eine geeignete Erfassung vorzubereiten, liegt darin, dass die gegenwärtige Untersuchungspraxis als nicht ausreichend hinsichtlich der daraus gewonnenen Erkenntnisse angesehen wird. Insbesondere können systematische Ursachen und Zusammenhänge, aufgrund der mehrheitlich nur am Einzelereignis orientierten und zudem uneinheitlichen Vorgehensweise, nicht mit ausreichender Sicherheit bestimmt werden. Quantitative Analysen sind oftmals mit dem vorliegenden Datenbestand nicht mehr oder nur sehr aufwendig durchführbar, weil die Ereignisdaten nicht in direkt vergleichbarer Form vorliegen und weil sie in einem nicht bekannten Ausmaß von subjektiven Einflüssen abhängen. Weiter muss festgestellt werden, dass zwischen verschiedenen Bereichen bislang kein wirkungsvoller Informationsfluss über Ereigniserkenntnisse erkennbar ist. Ohne diesen Erfahrungsaustausch müssen zwangsläufig bestimmte Ansätze von Gegenmaßnahmen immer wieder neu abgeleitet werden oder Fehler sich unnötigerweise wiederholen. Ein Transfer von Ereigniswissen wäre hier dringend angebracht. Aus diesem Grund wurde das Erfassungswerkzeug speziell auf eine solche Anwendungsmöglichkeit hin konzipiert. Für diesen Zweck wurde besonders auf eine universelle Anwendbarkeit und eine möglichst allgemeine und anonyme Darstellungsform Wert gelegt.

Mit der hier entwickelten systemischen Erfassungsmethode werden Ereignisse im ganzheitlichen Sinne unter Betrachtung des gesamten Arbeitssystems erfasst und dokumentiert. Die Vorgehensweise wurde theoretisch entwickelt und als computergestütztes Erfassungsprogramm realisiert. Anschließend wurde das Programm einem exemplarischen Versuch unterzogen, bei dem zwei Ziele im Vordergrund standen. Zum einen Aussagen über die allgemeine Anwendbarkeit und Praktikabilität des Erfassungswerkzeugs, und zum anderen Erkenntnisse darüber, in welchem Umfang Ereignisbeschreibungen als ähnlich bzw. vergleichbar angesehen werden können, die von verschiedenen Personen von ein und

demselben Ereignis erstellt wurden. Weiter wurden aus den Ergebnissen dieses Versuchs Aussagen über die Gütekriterien Validität, Reliabilität und Objektivität der Methode abgeleitet, auf die im Folgenden noch eingegangen wird.

Bei der Anwendung der Methodik durchläuft jede einzelne Information über das Ereignis zunächst mehrere Entscheidungsknoten, bevor sie an ihren endgültigen Ablageort im Beschreibungsmodell gelangt. Dort angekommen muss sie auf einen der tatsächlichen Bedeutung so nahe wie möglich kommenden auswählbaren Begriff übertragen werden. Prinzipiell kann jede Information, so sie denn überhaupt von der eingebenden Person für die Abbildung ausgewählt wird, durch eine unpassende Positions- oder Begriffswahl verfälscht werden oder sogar verloren gehen. Diese Problematiken treten grundsätzlich bei allen Ereigniserfassungsmethoden auf, wurden aber bislang kaum hinsichtlich ihres Ausmaßes untersucht. Insofern sorgten die Ergebnisse des Hauptversuchs für eine positive Überraschung, als erkennbar wurde, dass sich nicht nur das Erfassungswerkzeug als praktikabel für die vorgesehenen Zwecke erwies, sondern auch eine quantifizierbare Ähnlichkeit zwischen den individuellen Ereignisbeschreibungen bestimmt werden konnte.

6.2 Erfahrungen mit dem Erfassungswerkzeug

Als wesentliche Kriterien wurden beim Hauptversuch der zeitliche Aufwand, die Schwierigkeit der Eingabe, der Übungseffekt, die Ereignisdarstellung sowie die Übereinstimmung der fertigen Beschreibungen ausgewertet:

Zeitlicher Aufwand

Bei den Beschreibungen der Versuchsereignisse handelte es sich um relativ knappe Darstellungen mit einem Umfang von jeweils rund 150 Wörtern. Die mit der Erfassungsmethode zu Beginn ungeübten Versuchspersonen waren im Schnitt rund eine Dreiviertelstunde mit der Eingabe eines Ereignisses beschäftigt. Die Standardabweichung bei der Versuchsdauer lag im Mittel bei etwa einem Drittel dieser durchschnittlichen Zeit. Allerdings muss hierbei berücksichtigt werden, dass nur der Zeitaufwand für die Übertragung von bereits vorliegenden Daten in das Programm gemessen wurde. In der Praxis geht diesem Prozess die Informationsbeschaffung voraus, bzw. muss parallel dazu weitergeführt werden. Dieser Teil der Ereigniserfassung kann von dem Werkzeug nicht übernommen werden, wird aber durch den ganzheitlichen systemischen Ansatz strukturiert und gefördert. Dadurch wird die Qualität der Erfassung gesteigert, was allerdings insgesamt einen etwas höheren zeitlichen Aufwand mit sich bringt.

Obwohl die Dauer der Übertragung zunächst relativ hoch erscheinen mag, wird sie von knapp zwei Dritteln der Versuchspersonen als „angemessen“ bewertet. Dabei gab es eine signifikante Verringerung der Eingabedauer vom ersten zum zweiten bearbeiteten Ereignis. Mit Sicherheit kann der Zeitaufwand durch weitere Optimierungsmaßnahmen am Erfassungswerkzeug noch verringert werden, z. B. durch eine Verbesserung der Datenkopierfunktion. Weiter wird erwartet, dass sich die Eingabedauer mit Zunahme des Übungsgrades bei den berichtenden Personen ebenfalls verkürzt. Davon unabhängig wurde aber hinsichtlich dieses Problems in der Praxis der Umstand beobachtet, dass die Dokumentation der Ereignisdaten gegenüber der Datenbeschaffung einen deutlich geringeren Anteil am gesamten Zeitaufwand in Anspruch nimmt. Insofern fällt der durch die Übertragung der Daten in die Beschreibungsstruktur verursachte Mehraufwand kaum ins Gewicht.

Schwierigkeit der Eingabe und Übungseffekt

Bei der Befragung der Versuchspersonen, welches Ereignis schwieriger zu übertragen gewesen sei, ergab sich eine von der Eingabereihenfolge unabhängige, signifikante Abnahme der empfundenen Schwierigkeit vom ersten zum zweiten Ereignis. Dies wird als Beleg dafür gewertet, dass sich bei Erstanwendern ein rascher Übungseffekt einstellt. Dieser lässt sich außerdem auch mit der fast durchweg kürzeren Eingabedauer beim jeweils zweiten eingegebenen Ereignis bestätigen.

Dieses Ergebnis wurde jedoch erwartet, da die Vorgehensweise einem neuen Anwender zunächst den Anschein einer sehr hohen Komplexität vermittelt. Aufgrund der systematischen und sich fortlaufend wiederholenden Eingabeschritte ist die formale Logik der Methode jedoch schnell durchschaubar und die Eingabe dadurch leicht zu erlernen.

Gesamte Ereignisdarstellung

Die Ereignisdarstellung hängt insgesamt davon ab, welche individuellen Schwerpunkte von den Versuchspersonen gesetzt wurden bzw. welches persönliche Interesse und welches Wissen dem Ereignis gegenüberstanden. Davon abhängig wurden einzelne Informationen mehr oder weniger ausführlich berücksichtigt und übertragen. Das Setzen von Schwerpunkten lässt sich über die Erfassungsmethodik nur dadurch beeinflussen, dass beim Anwender eine möglichst vollständige und detaillierte Abbildung angeregt wird. Trotz des innerhalb gewisser Grenzen einheitlichen Expertengrades waren bei den Versuchen deutlich voneinander abweichende Schwerpunkte in der Darstellung erkennbar. Eine Erklärung dafür liegt mit Sicherheit darin, dass in der Situation des Versuchs das Interesse bei den Teilnehmern weniger an den Ereignissen als an dem Eingabeprogramm bestand. Dadurch hatten die Versuchspersonen primär das Bestreben, die Ereignisse möglichst gut in das Programm zu übertragen und weniger, das Ereignisgeschehen als solches zu hinterfragen. Bei der praktischen Anwendung wird dagegen wohl eher die optimale Auswertung der Ereignisse in den Vordergrund treten. Zwar darf bezweifelt werden, dass dies der Güte der Ereignisbeschreibung automatisch zuträglich sein wird - allerdings wird erwartet, dass sich unter diesem Gesichtspunkt eine wesentlich einheitlichere Verteilung der Schwerpunkte ergeben wird. In zukünftigen Versuchen muss deshalb die Hypothese überprüft werden, dass die Einheitlichkeit der Beschreibung in einer homogenen Expertengruppe steigt, wenn der Umgang mit dem Versuchswerkzeug zur Routine wird. Allerdings steht ein solcher Versuch vor dem sehr aufwendigen Problem, eine solche Versuchspersonengruppe zu bilden.

Unterteilung und Strukturierung

Bei der Unterteilung wird das Gesamtereignis in einzelne Unterereignisse (Mensch-Maschine-Systeme) zerlegt. Trotz der Aufspaltung bleiben neben dem Kontext einer Information innerhalb ihres Mensch-Maschine-Systems auch ihre Zusammenhänge im Gesamtereignis erhalten. Im Versuch wurden den Teilnehmern vier Unterteilungsregeln als Arbeitshilfe an die Hand gegeben. Die Beobachtung der Versuchspersonen während der Eingabe und deren Rückfragen haben gezeigt, dass gerade dieser Schritt der Abbildung für die Versuchspersonen mit erheblichen Unsicherheiten verbunden war. Die im Versuch beobachtete Anzahl der Unterteilungen variierte von einem bis zu fünf Unterereignissen. Die Informationsdichte in einem einzelnen Unterereignis hing jedoch nicht unmittelbar mit dem Grad der Unterteilung zusammen. Es gab Versuchspersonen, die ein Ereignis mit knappen Informationen als ein einziges Unterereignis beschrieben haben und wiederum andere, die fünf Abschnitte bildeten und jeden einzelnen mit einer Fülle an Informationen ausstatteten. Ebenso wurde auch genau umgekehrte Fälle als Extrema der Darstellung beobachtet.

Die Aufspaltung in Unterereignisse soll der eingebenden Person dabei helfen, das Ereignis in für sie überschaubare Abschnitte einzuteilen. Wie umfassend diese Abschnitte werden, bleibt dieser Person überlassen, wobei sie natürlich dazu angehalten wird, zugunsten einer hohen Detaillierung möglichst kleine Sinneinheiten zu bilden. Letztlich ist die genaue Zahl der Unterereignisse für die quantitative Auswertung aber unerheblich, da eine bestimmte Information grundsätzlich sowohl dem eigenen Unterereignis, als auch dem Gesamtgeschehen zugeordnet wird.

Das Versuchsergebnis zeigt, dass die Teilnehmer die Ereignisvorlage nach Schwerpunkten durchsuchten und anhand dieser dann die einzelnen Unterabschnitte festlegten. Solche Schwerpunkte sind beispielsweise die Momente des unmittelbaren Schadenseintritts oder direkt erkennbare ereignisbeeinflussende Handlungen. Je klarer die Schwerpunkte bereits in der Vorlage erkennbar und voneinander abgegrenzt waren, desto leichter fiel den Teilnehmern die Abgrenzung der Unterereignisse. Die vorgegebenen Unterteilungs- und Strukturierungsregeln hatten zwar Einfluss auf diese Schwerpunktbildung, maßgeblich war aber stets die individuelle Bewertung, ob eine bestimmte Ereignissequenz ein eigenes Unterereignis erforderlich machte oder nur als Zusatzinformation bei einem anderen angesehen werden konnte. Dabei war auch von grundsätzlicher Bedeutung, welcher Detaillierungsgrad von den Versuchspersonen bei der Abbildung der Ereignisse angestrebt wurde. Für den Einsatz in der Praxis kann davon ausgegangen werden, dass engagierte Anwender aufgrund ihres besonderen Interesses an den Ereignissen einen durchgehend hohen Detaillierungsgrad anstreben werden und dadurch eine gleichmäßige Unterteilung der Ereignisse hinsichtlich der Informationsdichte in den Unterereignissen zu erwarten ist.

Beim Hauptversuch wurde von keinem Teilnehmer eine vorhergehende Gesamtstrukturierung vorgenommen. Die Vorgehensweise folgte durchweg dem Prinzip, jedes neue Unterereignis zunächst mit

Daten zu füllen, bevor ein weiteres Unterereignis gebildet wird. Nur bei den Vorversuchen wurden einige wenige Fälle beobachtet, bei denen Versuchspersonen eine Vorstrukturierung durchführten, d. h. dass zunächst alle Unterereignisse erzeugt wurden und danach erst die Dateneingabe begann. Die Entscheidung, ein neues Unterereignis zu beginnen, wurde meistens dann getroffen, wenn entweder das momentan bearbeitete Unterereignis nach subjektiven Gesichtspunkten voll war oder sich eine erkennbare Wendung im Ereignisablauf ergab. Allerdings wurden die Editiermöglichkeiten des Programms rege genutzt, um bestehende Unterereignisse nachträglich zu ändern oder zu ergänzen. Diese sukzessive Unterteilung wurde dadurch begünstigt, dass die Ereignisse in schriftlicher Form vorlagen, und sich die Versuchspersonen an der Chronologie der Vorlage orientieren konnten. Dadurch war es für die Versuchspersonen aber auch nicht unbedingt notwendig, das Gesamtereignis vorzustrukturieren oder sich bei der Erstellung eines Unterereignisses vorab festzulegen, wann oder wie es endet, bzw. welchen zeitlichen oder inhaltlichen Abschnitt es abdecken soll. Eine Vorstrukturierung wird aber mit Sicherheit dann notwendig, wenn keine solche Vorlage existiert, wenn beispielsweise Ereignisse aus dem Gedächtnis wiedergegeben werden müssen.

Zuordnung

Die Komponenten des Mensch-Maschine-Systems können mit dem Erfassungswerkzeug in beliebiger Reihenfolge mit Daten gefüllt werden. Bei den Versuchen wurde jedoch am häufigsten mit der Komponente „Situation“ begonnen, was dadurch erklärbar ist, dass hier unmittelbar aus der Vorlage erschließbare Daten wie Datum, Zeit, Phase, usw. abgefragt wurden. Als Nächstes wurden meistens die Komponenten „Umgebung“ und „Aktive Person“ bearbeitet, die ebenfalls relativ anschaulich mit Daten zu füllen sind. Diese drei Komponenten erleichterten den zu Beginn ungeübten Anwendern den Einstieg in die Erfassung, weil darin die Fragen mit weitgehend freiem Text beantwortet werden konnten. Auch muss bei diesen Komponenten die Information nicht in die sonst verwendete Satzstruktur „Objekt – Aktion – Problem – Umstand“ transformiert werden.

Bei den übrigen Komponenten wurde immer diejenige als Nächste bearbeitet, die am besten geeignet war, das gerade anstehende Geschehen aufzunehmen oder diejenigen, die sich seit dem vorhergehenden Unterereignis nicht geändert haben und deshalb einfach übernommen werden konnten, z. B. per Datenkopierung.

In das Erfassungswerkzeug wurde nach den Versuchen die Option aufgenommen, dass bei jedem Unterereignis die Komponenten in einer fest vorgegebenen Reihenfolge abgearbeitet werden müssen. Diese Möglichkeit ist allerdings sehr kritisch zu bewerten. Zwar scheint sich mit einer fest vorgegebenen Reihenfolge ein systematisches Vorgehen gewährleisten zu lassen, wodurch etwa sicher gestellt werden kann, dass die Anwender mit jeder Komponente zumindest einmal konfrontiert werden, doch würde dies für die Mehrzahl der Anwender eine unnötige Einengung des Beschreibungsspielraums darstellen. Insofern stellt die Implementierung dieser Vorgabe als auf Wunsch optionale Funktion einen geeigneten Weg dar.

Dagegen ist die Überprüfung der Vollständigkeit und Plausibilität auf Grundlage der Komponentenbelegung ein Ansatz, der konsequent weiter verfolgt werden muss. Über den Regelkreis, der das Mensch-Maschine-System darstellt, sind alle Komponenten in gerichteter Weise miteinander verbunden. Außerdem sind die Unterereignisse über die Ein- und Ausgänge der Mensch-Maschine-Systeme miteinander vernetzt. Passt die Komponentenbelegung nicht mit den theoretischen Abhängigkeiten zusammen, so ist das Unterereignis zumindest auf formaler Ebene nicht ausreichend vollständig oder plausibel beschrieben. Das Erkennen eines solchen Mangels, das programmtechnisch relativ leicht umgesetzt werden kann, hat sich bei der Überprüfung als geeignet erwiesen und sollte weiter entwickelt werden.

Aufgrund der leichten Nachweisbarkeit von bestimmten Zuordnungsfehlern eignen sich diese in besonderem Maße, um Mängel zu identifizieren, die bereits in den Eingangsinformationen vorhanden sind. Dies kann ausgenützt werden, um das Programm - als ein Sonderfall der Anwendung - dazu zu verwenden, um die Qualität von Berichtsvorlagen zu analysieren und zu bewerten. Allerdings ist das Erkennen von Zuordnungsfehlern bislang nicht automatisiert durchführbar, da hierzu die Begriffe hinsichtlich ihrer Bedeutung ausgewertet werden müssen.

Kritisch ist zu bewerten, dass die von dem Werkzeug an die Erfassung gestellte Forderung nach einer vollständigen Beschreibung dazu führen kann, dass unsinnige oder mehrfach redundante Daten in Komponenten eingetragen werden, für die eigentlich keine Angaben notwendig wären. Insbesondere für die Fälle von gehäuft fehlerhaften Beschreibungen zeichnete sich die Kopierfunktion verantwortlich.

Diese kann den Anwender offensichtlich zu Eintragungen anregen, die er von sich aus nicht machen würden – im positiven wie im negativen Sinne. Bei der Weiterentwicklung der Kopierfunktion und den Schulungen für das Werkzeug muss dieser Aspekt deshalb besonders berücksichtigt werden.

Die Auswertung der Zuordnungen brachte das Ergebnis, dass über 80 Prozent der Informationen mit statistischer Sicherheit nicht zufällig zugeordnet wurden und über 40 Prozent signifikant einer Expertenlösung entsprachen. Diese Werte liefern Anhaltspunkte sowohl über die Eignung des Abbildungsmodells für die Ereigniserfassung wie auch über den Einfluss der Unterstützungsfunktion des Programms bei der Zuordnung.

Satzbildung und Begriffswahl

Die Beobachtung der Teilnehmer während des Versuchs ergab, dass die Satzbildung keine größeren Schwierigkeiten bereitete. Anhand der Auswahllisten mit Begriffen, die zu jedem Satzglied geöffnet werden konnten, war leicht zu erkennen, welche Bedeutung das Satzglied hat und welche Art von Begriffen gesucht wurde. Die Auswahl eines bestimmten Begriffs war jedoch erwartungsgemäß mit hohen Variationen behaftet. Die menschliche Sprache lässt es zu, dass gleiche Sachverhalte mit einer Vielfalt von verschiedenen Begriffen beschrieben werden können. Obwohl bei der im Versuch verwendeten Taxonomie viel Wert darauf gelegt wurde, dass möglichst wenig synonymisch verwendbare Begriffe darin vorkommen, variierte die Beschreibung erheblich. Außerdem hing die Begriffswahl jeweils unmittelbar von dem eigenen Standpunkt der Versuchsperson gegenüber dem Ereignis und dem von ihr gewählten Detaillierungsgrad bei der Darstellung ab. Auch innerhalb der in gewissen Grenzen homogenen Versuchspersonengruppe gab es hier deutliche Unterschiede.

Der subjektive Einfluss bei der Begriffswahl erwies sich als schwierig steuerbar. Die Sichtweise ist wesentlich von den Interessen der berichtenden Person und der ihr zur Verfügung stehenden Informationen abhängig. Diese spezifischen Aspekte können vom Programm nicht beeinflusst werden. Der Fokus auf das Ereignis wird zwar durch den systemischen Ansatz prinzipiell vorgegeben, aber es gibt hier doch noch, insbesondere wegen der notwendigerweise freien Wahl der aktiven Person, einen breiten Spielraum.

Die Auswertung der Begriffsauswahl ergab bei den betrachteten Ereignisabschnitten eine durchschnittliche Übereinstimmung von 35 Prozent. Durch eine nachträgliche manuelle Synonymisierung konnte die Übereinstimmungsquote um einen Faktor von ca. 1,25 auf rund 44 Prozent gesteigert werden. Die Synonymisierung wurde eingeführt, weil verschiedene Personen gleiche Sachverhalte mit unterschiedlichen Begriffen beschrieben haben. Natürlich kann eine solche Verschiedenheit in der Darstellung auch bei einer einzigen Person auftreten, wenn sie gleiche Sachverhalte wiederholt beschreibt. Immerhin gehört es in der allgemeinen schriftlichen Darstellung zum guten Stil, Wiederholungen von Begriffen zu vermeiden. Bei der Synonymisierung werden einzelne Begriffe durch einen Ober- oder Leitbegriff ersetzt, falls ein solcher bekannt ist. Damit wird die für die vergleichende Auswertung ungünstige Begriffsvielfalt verringert. Bei der Versuchsauswertung war in der Regel der Sachverhalt bekannt, der mit den verwendeten Begriffen ausgedrückt werden sollte und es handelte sich dabei jeweils immer nur um dieselbe Information. Insofern war hier die Synonymisierung sehr leicht durchführbar. In dem Fall, wenn Begriffe von unbekannten Ereignissen synonymisiert werden sollen, ist dies nicht so einfach. Dann können sich hinter jedem Begriff andere Sachverhalte verbergen, für deren genauen Klärung in den meisten Fällen nur noch die Beschreibungen der Begriffe zur Verfügung stehen. Eine zu großzügige Synonymisierung kann hier allerdings leicht zu Beschreibungsfehlern führen. Trotzdem ist in der praktischen Anwendung auch eine nur geringe Synonymisierung grundsätzlich empfehlenswert, da jede Reduktion des Begriffsumfangs die Auswertbarkeit der Ereignisdatenbank steigert.

Hinsichtlich der Taxonomie erscheint es nach den Versuchen als erforderlich, die bei den Satzgliedern zur Auswahl angebotenen Begriffe nicht nur von ihrer MMS-Komponente, sondern zusätzlich auch von dem ausgewählten Begriff im vorhergehenden Satzglied abhängig zu machen. Dadurch lassen sich in den meisten Listen überflüssige oder unpassende Begriffe vermeiden und so die Vielfalt und Fehlermöglichkeiten verringern. Das bedeutet, dass bei der Entwicklung einer Taxonomie zunächst alle Objekte bestimmt werden müssen, zu jedem Objekt dann alle denkbaren Aktionen und Handlungen, zu jeder Handlung alle Möglichkeiten für Probleme und entsprechend alle Umstände, die zu der vorhergehenden Kombination von Satzgliedern passen könnten. Diese Vorgehensweise ist zwar sehr aufwendig, würde

aber die Einheitlichkeit der Begriffswahl mit Sicherheit steigern. Der Nachweis für diese Annahme wird jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht erbracht.

Gütekriterien

Im Zentrum der Methodenentwicklung stand das Bestreben, bei der Ereigniserfassung eine hohe Validität, Reliabilität und Objektivität zu erzielen. Welche Aussagen können nun anhand des Versuchsergebnisses hinsichtlich dieser drei Kriterien getroffen werden?

Bei den Versuchen trat zu keinem Zeitpunkt das Problem auf, dass bestimmte Sachverhalte nicht auf das Beschreibungsmodell übertragen werden konnten, wobei allerdings gesagt werden muss, dass nur schriftlich vorliegende Angaben zur Eingabe anstanden. Es gibt keine Anzeichen, dass eine Information, die in verbaler Form dargestellt werden kann, nicht mit der Methode erfassbar sein könnte. Aufgrund dieser Erfahrung aus den Versuchen werden die Anforderungen an das Verfahren hinsichtlich deren Gültigkeit als erfüllt angesehen. Die Methode ist damit grundsätzlich für die auftretensorientierte Erfassung von Ereignisdaten geeignet. Damit dies vom Anwender auch möglichst gut umgesetzt wird, wird er von dem Verfahren mit seinem ganzheitlichen Ansatz zu einer umfassenden und detaillierten Darstellung angehalten. Allerdings verbleibt hinsichtlich der tatsächlich erzielbaren Validität bei den Ereignisberichten eine hohe Verantwortung beim Anwender selbst bzw. bei den Gegebenheiten der Informationssammlung, die aber überwiegend nicht mehr vom Verfahren beeinflusst werden können. Die absolute Größe der Validität ist nicht bestimmbar, aber das Verfahren kann zum Vergleich mit anderen Vorgehensweisen herangezogen werden, um Aussagen über die relative Gültigkeit der Verfahren zu treffen.

Für die Bewertung der Reliabilität wurden aus dem Hauptversuch die Ergebnisse über die Ähnlichkeit der Ereignisberichte herangezogen. Während die Inner-Rater-Reliabilität bei den damit automatisch geübten Anwendern völlig zufrieden stellende Werte liefert, liegt die Inter-Rater-Reliabilität aus statistischer Sicht auf einem akzeptablen Niveau. Die Übereinstimmung der Versuchsbeschreibungen wurde hinsichtlich mehrerer Kriterien quantifiziert. Aus den ermittelten Signifikanzwerten geht hervor, dass sich die Summe der Beschreibungen deutlich von einer zufälligen Gleichverteilung abgrenzt und sich der Expertenlösung annähert. Dadurch liegen nun Referenzwerte vor, die angeben, wie stark die Ereignisbeschreibungen abhängig von den eingebenden Personen variieren können. Mit diesen Werten kann die Aussagekraft zukünftiger Analyseergebnisse eingeschätzt werden. Außerdem kann der Bestand dieser Referenzdatenbank durch weitere Probeerfassungen fortlaufend ergänzt werden und damit zunehmend abgesichertere Schätzwerte liefern.

Am schwierigsten ist das Kriterium der Objektivität zu bewerten. Ob ein beschriebener Sachverhalt auch außerhalb des subjektiven Bewusstseins Bestand hat, lässt sich nur vermuten. Greifbarer ist dagegen die Bestimmung des interpersonalen Konsens, zu der wiederum die Ergebnisse über die Reliabilität herangezogen werden. Damit bleibt letztlich die Reliabilität als entscheidendes und am besten quantifizierbares Kriterium für die Bewertung des Verfahrens übrig. Die diesbezüglichen Ergebnisse des Versuchs liefern einen Hinweis darauf, mit welcher Zuverlässigkeit bei dem Verfahren gerechnet werden kann und stellen Vergleichswerte zur Verfügung, an denen Weiterentwicklungen der Methode oder auch andere Verfahren gemessen werden können.

Anwendbarkeit

Aufgrund des von spezifischen Gegebenheiten unabhängigen systemischen Ansatzes ist gewährleistet, dass die Methode für beliebige Arbeitsumgebungen einsetzbar ist. Ihre Bestimmung ist die auftretensorientierte Erfassung von Ereignisdaten, wobei jedoch nicht ausgeschlossen werden kann, dass das Verfahren bewusst oder unbewusst für andere Zwecke verwendet wird. Der Versuch hat gezeigt, dass die Vorgehensweise insgesamt leicht erlernbar ist. Sowohl der Anwender als auch das Ergebnis profitieren von den implementierten Unterstützungsfunktionen. Allerdings musste die Forderung nach einer einfachen und zügigen Eingabe notwendigerweise an einigen Stellen hinter den wissenschaftlichen Anspruch zurücktreten. Die Kompatibilität der Abbildung ist durch den allgemein gültigen arbeitswissenschaftlichen Hintergrund des Mensch-Maschine-Systems und die programmtechnische Umsetzung gewährleistet. Das von dem Programm erzeugte Abbildungsergebnis kann mit geringem Aufwand in beliebige Datenbankformate konvertiert werden. Die Anpassung des Programms an spezielle Anforderungen ist relativ unkompliziert.

Anwendungsmöglichkeit als Indikator für die Qualität von allgemeinen Ereignisberichten.

Die Versuche mit dem Erfassungswerkzeug haben gezeigt, dass sich die Qualität der zur Eingabe anstehenden Ereignisberichte unmittelbar auf die Modellabbildung auswirkt. Dieser Umstand kann ausgenützt werden, um die Qualität dieser Ausgangsdaten zu messen und zu vergleichen. Unvollständige oder ungeordnete Darstellungen erschweren die Nachvollziehbarkeit des beschriebenen Geschehens. Diesbezügliche Mängel können aufgedeckt werden, wenn die Berichte mit Hilfe des Erfassungswerkzeugs auf die Beschreibungsstruktur übertragen werden. Aus der Abbildung auf das Modell geht hervor, an welchen Stellen diese Eingangsdaten unvollständig oder inkonsistent sind. Werden daraufhin Verbesserungsmaßnahmen bei der ursprünglichen Berichterstellung durchgeführt, so können deren Auswirkungen durch Vorher-Nachher-Vergleiche mit dem Erfassungswerkzeug überprüft werden.

6.3 Fazit

Die Erfassungsmethode, die in dieser Arbeit entwickelt und erprobt wurde, stellt ein Verfahren dar, mit dem Ereignisse auf detailliertem Niveau und in einer für Vergleichszwecke geeigneten Form abgelegt werden können. Dabei werden subjektive Einflüsse, die auf den Prozess der Ereignisuntersuchung in dargelegt vielfältiger Weise einwirken können, zu einem gewissen Grad herausgefiltert, und damit - über die gesteigerte Reliabilität - auch die Objektivität der Berichte verbessert. Dies gilt unmittelbar für die Dokumentation der ermittelten Daten, sowie indirekt auch für die vorausgehende Informationssammlung und die nachfolgende Bewertung des Ereignisses.

Durch die Lenkung und Unterstützung des Datenablageprozesses mit Hilfe des Erfassungswerkzeugs gelingt es, Ereignisdaten in eine standardisierte Form zu bringen und damit die Grundvoraussetzung für eine quantitative Auswertung zu erfüllen. Die Eigenschaft des verwendeten Abbildungsmodells, Ereignisse im Rahmen eines gesamten Systems zu betrachten, wird durch die Methode unterstützt und damit eine ganzheitliche Erfassung der Ereignisse gefördert. Dadurch wird eine umfassende und detaillierte Darstellung der verfügbaren Ereignisdaten erzeugt. Somit eignet sich das Verfahren auch für die Durchführung qualitativer Einzelanalysen. Durch die optionalen Schritte der Nachbearbeitung der eingegebenen Daten, kann die inhaltliche Güte hinsichtlich der Verwendung von gleichen Begriffen für gleiche Sachverhalte zusätzlich gesteigert werden.

Das Verfahren eignet sich sowohl für die Darstellung von Ereignissen, als auch zur Unterstützung der Informationssammlung und der Bewertung der Ursachen. Damit stellt das Verfahren ein Hilfsmittel dar, das es Organisationen ermöglicht, anhand der Durchführung von Abbildungsprozessen aus Ereignissen zu lernen.

6.4 Ausblick

Nachdem nun die theoretische und praktische Vorbereitung abgeschlossen wurde, ist eine breite Anwendung des Verfahrens in der Praxis wünschenswert. Für diesen Einsatz muss das Verfahren jedoch zunächst eine Implementierungsphase in den vorgesehenen Anwendungsgebieten durchlaufen. Diese dient dazu, das Verfahren und das Werkzeug an die spezifischen Gegebenheiten der Praxis anzupassen. Dies betrifft im Wesentlichen die Erarbeitung entsprechender Taxonomien. Übergreifend muss dabei aber stets die angestrebte Vergleichbarkeit der eingegebenen Ereignisse berücksichtigt werden. Das bedeutet, dass sich die Methode in diesen Bereichen nicht jeweils unabhängig voneinander weiterentwickeln darf, sondern fortlaufend ein gemeinsamer Abgleich stattfinden muss. Nur so kann eine übergreifend homogene Darstellung der Ereignisse überhaupt stattfinden.

Letztendlich bleibt das Ziel bestehen, interdisziplinäre Informationen über Ereignisse in einer gemeinsamen Datenbank abzulegen und vergleichend auszuwerten, um systematische Ereignisursachen und Zusammenhänge aufzudecken und ein branchenübergreifendes Lernen aus Ereignissen in die Wege zu leiten.

LITERATURVERZEICHNIS

Arbeitssicherheit, 2000 — *Wörterbuch Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz*, 9. Auflage, Universum Verlagsanstalt (Hrsg. und Verlag), Wiesbaden 2000

Akiyama, 2002 — Akiyama, Kouyohi: *Unfälle mit Lastkraftwagen in Japan*, Vortrag auf der DEKRA-Tagung „Passive Sicherheit bei Nutzfahrzeugen“, 17.+18.10.2002, Neumünster

BfS, 1991-2003 — Bundesamt für Strahlenschutz, *Jahresberichte über meldpflichtige Ereignisse in deutschen kerntechnischen Anlagen*, BfS, Braunschweig, 1992 – 2004, www.bfs.de

BMU, 1998 — Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: *Umsetzung und Erprobung von Vorschlägen zur Einbeziehung von Human Factors (HF) bei der Meldung und Ursachenanalyse in Kernkraftwerken*, Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, BMU-1998-505, ISSN 0724-3316, Bonn, 1999

Bortz, 1999 — Bortz, Jürgen: Statistik für Sozialwissenschaftler, Springer-Verlag, 5. überarb. Auflage, Berlin, Heidelberg, New York, 1999

Bortz, 2002 — Bortz, Jürgen; Döring, Nicola: *Forschungsmethoden und Evaluation: für Human- und Sozialwissenschaftler*, Springer-Verlag, 3. überarb. Auflage, Berlin, Heidelberg, New York, 2002

Bubb, 1992 — Bubb, Heiner (Hrsg.): *Menschliche Zuverlässigkeit*, ecomed – Fachverlag, 1. Auflage 1992, Landsberg, 1992

Bubb, 1997 — Bubb, Heiner: *Arbeitswissenschaftliche Grundlagen eines betrieblichen HF-Systems*, in: Zuverlässige Technik ist planbar: Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Sicherheit verfahrenstechnischer Systeme, Tagung Technische Zuverlässigkeit, 7. und 8. Oktober 1997, VDI Verlag, Düsseldorf, 1997

Bubb, 1999 — Bubb, Heiner: *Möglichkeiten und Grenzen des Mensch-Maschine-Systems*, in: Viertes Expertengespräch „Mensch-Maschine-Wechselwirkung in Kernkraftwerken“ am 14. und 15. April 1999 beim Bundesamt für Strahlenschutz in Salzgitter, BFS-KT-Bericht 22/99, Salzgitter, 1999

Bubb, 2002 — Bubb, Heiner; *Menschliche Zuverlässigkeit – Ergonomische Anforderungen und Methoden , VDI 4006 Blatt 1 und 2*, in: TTZ 2002, Zuverlässige Produkte, Tagungsband, VDI-Berichte 1713, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 2002

Chapanis, 1951 — Chapanis, A., *Theory and method for analyzing errors in man-machine systems*, Annals of the New York Academie of Science, 1951, 51, 1179-1203

Dubbel, 1987 — Beitz, Wolfgang; Küttner, Karl-Heinz, (Hrsg.): *Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau*, 16. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1987

Duden, 8-1997 — Duden, Band 8, *Sinn- und sachverwandte Wörter, Synonymwörterbuch*, 2. Auflage, Dudenverlag, Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich, 1997

Golombek, 1990 — Projektteam Lokaljournalisten(Hg) (Redaktion Golombek, Dieter; Schlüter, Hans-Joachim): *ABC des Journalismus*, 6. Auflage April 1990, Verlag Ölschläger GmbH, München, 1990

Kotthoff, 1994 — Kotthoff, Klaus: *Internationales Bewertungsskala für bedeutsame Ereignisse in kerntechnischen Einrichtungen*, Benutzerhandbuch, Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-111, ISBN 3-923875-61-4, Köln 1994

Hoyos, 1980 — Hoyos, Carl Graf: *Psychologische Unfall- und Sicherheitsforschung*, Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Kohlhammer, 1980, ISBN 3-17-005882-7

Hofkirchner et al, 1999	Hofkirchner, Wolfgang; Lanzenberger, Monika; Rester, Markus: *Die unendliche Geschichte oder Technikfolgen in der Informationsgesellschaft*, Paper, präsentiert auf dem Workshop ‚Computer als Medium' „HyperKult 1000_2", Juli 19-21, 1999, Wien
IAEA, 2001	The International Nuclear Event Scale (INES), User's Manual, 2001 Edition, IAEA, Wien, 2001
IATA, 99	International Air Transport Association, IATA, *Jet Safety Report 1999*
LfE, 2000	*Der Lehrstuhl für Ergonomie im Jahr 2000*, Lehrstuhlbroschüre, Lehrstuhl für Ergonomie, TU München, Garching, 2001
Linsenmaier et al, 2000	Linsenmaier B., Sträter O., 2000 *Recording and Evaluation of Human Factor Events with a View to System Awareness and Ergonomic Weak Points within the System, at the Example of Commercial Aeronautics*, in: Proceedings of the IEA 2000/HFES 2000 Congress, San Diego, California USA, July 29 – August 4. 2000
Linsenmaier et al, 2002	Linsenmaier, Bernd; Sträter, Oliver: *Ein Ansatz für eine allgemeine Erfassung von Unfällen und Zwischenfällen in Mensch-Maschine-Umgebungen*, in: TTZ 2002, Zuverlässige Produkte, Tagungsband, VDI-Berichte 1713, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 2002
Mehrhoff, Muhr, 1999	Mehrhoff, Friedrich; Muhr, Gert: *Unfallbegutachtung*, 10. Auflage, de Gruyter Verlag, Berlin, New York, 1999
Müller, 1996	Müller, Claudio: *Flugzeuge der Welt 1996*, Motorbuch Verlag, Stuttgart 1996
Reason, 1990	Reason, James: *Human Error*, Reprinted 1997 Cambridge University Press, Cambridge ,United Kingdom, 1990
Reichart, 2001	Reichart, Günter: *Menschliche Zuverlässigkeit beim Führen von Kraftfahrzeugen*, Fortschritt-Bericht VDI Reihe 22 Nr. 7, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2001
Verkehrsunfallstatistik Stuttgart, 2001	*Verkehrsunfallstatistik 2001*, Landespolizeidirektion Stuttgart II, www.polizei-stuttgart.de
Scherer, 1997	Scherer, Andreas: *Neuronale Netze: Grundlagen und Anwendungen*, Vieweg Verlag, Braunschweig; Wiesbaden, 1997
Schmidtke, 1993	Schmidtke Heinz: *Ergonomie*, 3.Auflage, Hanser-Verlag, München, Wien 1993
Statistisches Bundesamt Deutschland, 2002	Statistisches Bundesamt Deutschland: *Unfallgeschehen im Straßenverkehr 2001*, www.destatis.de, Wiesbaden, 2002
Statistisches Landesamt BW, 1977	Statistisches Landesamt Baden Württemberg: *Ursachenverzeichnis für die Straßenverkehrsunfallstatistik gemäß StVUnfG*, gültig ab 1.1.1977
Steudter, 2002	Steudter, Klaus: *Analyse der Anwendbarkeit des Ereigniserfassungsprogramms EVEO, Erprobungsversion 0.9.87, am Beispiel von Unfallereignissen aus dem gewerblich-technischen Bereich*, Diplomarbeit, TU Dresden, 2002
Sträter, 1997	Sträter, Oliver: *Beurteilung der menschlichen Zuverlässigkeit auf der Basis von Betriebserfahrung*, Dissertation, Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-138, Garching, Köln 1997, ISBN 3-923875-95-9
Sträter, 2002	Sträter, Oliver: *Allgemeine Interdisziplinäre Datenbank menschlicher Arbeitsfehler (AIDA)*, in: TTZ 2002, Zuverlässige Produkte, Tagungsband, VDI-Berichte 1713, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 2002

Swain & Guttmann, 1983	Swain, A. D.; Guttmann, H.E.: *Handbook of Human Reliability Analysis with emphasis on nuclear power plant applications, Sandia National Laboratories*, NUREG/CR-1278, Washington DC, 1993
Theis, 2002	Theis, Irina: *Das Steer-by-Wire System im Kraftfahrzeug – Analyse der menschlichen Zuverlässigkeit*, Dissertation am Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München, Garching, 2002
VDI, 2002	VDI Richtlinie 4006 Blatt 1 und 2: *Menschliche Zuverlässigkeit – Ergonomische Forderungen und Methoden der Bewertung*, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 2002
VGB, 1995	RWE Energie AG im Auftrag der VGB: *Human-Factors-Benutzerleitfaden*, Essen, 1995
VGB, 2003	VGB PowerTech e.V.: *Leitfaden: Ganzheitliche Ereignisanalyse*, Stand 06/2003, Essen, 2003
Vidal, 2001	Vidal, Stefan: *Analyse menschlicher Faktoren in kritischen Flugereignissen im Hinblick auf die Anwendbarkeit eines ganzheitlichen Fehlermanagement-systems*, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München, München, 2001
Wilpert, 1994	Wilpert, Bernhard, et al.: *Einfluss des Menschen auf die Sicherheit von Kernkraftwerken, Weiterentwicklung der Erfassung und Auswertung von meldepflichtigen Ereignissen und sonstigen registrierten Ereignissen beim Betrieb von Kernkraftwerken hinsichtlich menschlichen Fehlverhaltens*, Endbericht des BMU/BfS-Vorhabens SR 2039/1, TU Berlin, TÜV Rheinland, Berlin/Köln, 1994
Wilpert, 1997	Wilpert, Bernhard, et al.: *Umsetzung und Erprobung von Vorschlägen zur Einbeziehung von Human Factors (HF) bei der Meldung und Ursachenanalyse in Kernkraftwerken*, Bericht zum BMU-Vorhaben SR 2039/8, BMU-1998-505, TU Berlin, TÜV Rheinland, Berlin/Köln, 1997
Zell, 1994	Zell, Andreas: *Simulation neuronaler Netze*, 2., unveränderter Nachdruck, R. Oldenbourg Verlag, München, 1997 (erstmals erschienen 1994 im Addison Wesley Longman Verlag GmbH)
Zimmermann, 1999	Zimmermann, Werner: *Operations Research: Quantitative Methoden zur Entscheidungsvorbereitung*, 9. überarb. Auflage, Oldenbourg Verlag, München, Wien, 1999
Zöfel, 2001	Zöfel, Peter: *Statistik verstehen, Ein Begleitbuch zur computergestützten Anwendung*, Addison-Wesley Verlag, Imprint der Pearson Education Deutschland GmbH, München, 2001

ANHANG

Inhalt

A. Polizeiliches Erfassungsformular 144

B. Unfallanzeige-Formular der gesetzlichen Unfallversicherer in Deutschland 146

C. Quellenmaterial zur Beschreibungsstruktur von CAHR 147

D. Beispiel für ein Arbeitsblatt zur Datenerfassung, das sich am Mensch-Maschine-System orientiert 148

E. Material zum Hauptversuch 149

E.1 Versuchsablauf 149

E.2 Die Ereignisse des Hauptversuchs: 149

E.3 Fragebogen zum Hauptversuch 150

F. Ergebnisse des Fragebogens (Übersicht) 152

G. Bearbeitungszeiten 156

H. Versuchsdaten über die Zuordnung 157

I. Versuchsdaten zur Satzbildung, Begriffswahl und Begriffsbeschreibung 159

J. Beispielhafte Auswertung eines hypothetischen Versuchs mit der Chi^2-Methode, zur Veranschaulichung der Vorgehensweise bei der Analyse der Häufigkeitsverteilung der Zuordnung 176

A. Polizeiliches Erfassungsformular

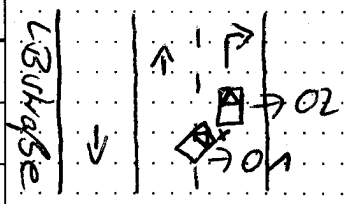
Dienststelle:
LPD Stuttgart II
Polizeirevier Zuffenhausen
Ludwigsburger Str. 126
Tel. 0711/8990-4200
Az.: U000102-S330 (MUSTER)

Az.: 505. 14. 413001. 9
Korrespond. Az./zust. Bußgeldbehörde
Entscheidungsschlüssel: 111/112
Sachbearbeiter Bußgeldstelle: 45

Tattag (Datum): 05 00.00.02 | Tatzeit: 06 00.00 | Kennzeichen: 15 S-?? 111 | Fabrikat: 17

Tatort: 07 70435 Stuttgart, Ludwigsburger Str. 126 | Kennz.-Art: 16 | Verk.-Be: 13 1D

Skizze:



TBNR: 08 8990 | TBNR: 89 | Zuwiderhandlung: ☐ → siehe Rückseite

Verwarnungsgeld: 50 15.-€ | Zuwiderhandlung - Text: ☒ Fehler beim Fahr-streifenwechsel → VU-Gefahr

Konkretisierung: 09 | erl. Wert: 10 | gem. Wert: 11 | Beweis: 37 1

Vorname: 22 KARL | Familienname: 23 MUSTERMANN

Geburtsdatum: 27 00.00.42 | Geburtsname: 30

Geburtsort, -land: 28 Stuttgart

Straße und Hausnummer: 26 Ludwigsburger Str. 126

PLZ: 24 70435 | Wohnort: 25 Stuttgart

Belehrung: Ihnen wird die genannte Ordnungswidrigkeit zur Last gelegt. Sie werden darauf hingewiesen, daß es Ihnen nach dem Gesetz freisteht, sich zu den Beschuldigungen zu äußern oder nicht zur Sache auszusagen. Die Äußerung kann auch schriftlich erfolgen.

Zur Sache: **Wird die Zuwiderhandlung zugegeben?** (Falls nein kurze Begründung) JA ☒ NEIN ☐

Nach Belehrung über mein Weigerungsrecht bin ich mit einer Verwarnung mit Verwarnungsgeld in Höhe von 15.- € einverstanden:

Unterschrift

JA ☒ NEIN ☐

Name d. anzeigenden Zeugen/-in, Unfallbeteiligte(n), Polizeibeamten/-in: 39 OV 02: Fr. Musterfrau

Straße und Hausnummer: 41 Musterstraße 1, amtl. Kennz.: Q-?? 3333

PLZ, Wohnort: 40 99999 Musterhausen

Name Sachbearbeiter(in): Bischoff, POM'in | Unterschrift:

Abbildung A-1: Aufnahmeblatt der Polizei, bei Unfällen mit Sachschäden und höchstens geringfügiger Ordnungswidrigkeit

Abbildung A-2: Tatbestände (Rückseite des Aufnahmeblatts)

Auszug aus dem Tatbestandskatalog

Konkretisierung *

101106	Vermeidbare Behinderung eines anderen Verkehrsteilnehmers
102672	Nichtbeachten des Rechtsfahrgebots auf der Autobahn / Kraftfahrstraße
105130	Fahrtrichtungsanzeiger zum Überholen nicht betätigt
105131 / 105132	dto. mit Behinderung / mit Gefährdung
107106	Fahrstreifenwechsel mit Fahrtrichtungsanzeiger nicht angekündigt
114124*	Fahrzeug nicht gegen unbefugte Benutzung gesichert
115000	Liegengebliebenes Fahrzeug, Absicherung nicht ausreichend
115006	Liegengebliebenes Fahrzeug nicht beleuchtet
115012	Liegengebliebenes Fahrzeug, Warnblinklicht nicht eingeschaltet
117136	Führen eines Kraftrades bei Tag ohne Abblendlicht
117142 / 117148	Mißbräuchliche Benutzung Nebelscheinwerfer / Nebelschlußleuchte
118178*	Verbotenes Halten auf der Autobahn / Kraftfahrstraße
118184* / 118190*	Verbotenes Betreten der Autobahn / Kraftfahrstraße
118196 / 118202	Verbotenes Verlassen der Autobahn / Kraftfahrstraße
121118 / 121124	Kinderbeförderung ohne vorschriftsmäßige Rückhalteeinrichtung
121172	Sicherheitsgurt nicht angelegt
121178	Schutzhelm nicht getragen
121600 / 121606	Kinderbeförderung ohne jede Sicherung
122100 - 122172	Unvorschriftsmäßige Ladung
123130	Kennzeichen schlecht lesbar
123154	Verbotenes Benutzen eines Mobil- oder Autotelefons
141006 - 141515	Nichtbeachten eines Vorschriftzeichens
142145 / 142146	Unzulässiges Benutzen des 3. Fahrstreifens / mit Behinderung
204100	Nichtmitführen des Führerscheins
324100	Nichtmitführen des Fahrzeugscheins
328100 / 328118	Besonderen Fahrzeugschein nicht mitgeführt / nicht ausgefüllt
329100 / 329112	Fristversäumnis HU mehr als 2 Monate / 4 Monate
335124	Nichtmitführen Erste-Hilfe-Material
347100 / 347600	Fristversäumnis AU mehr als 2 Monate / 8 Monate
349100	Schalldämpferanlage defekt
349124*	Lichttechnische Einrichtung nicht betriebsbereit
353106*	Warndreieck oder Warnleuchte nicht mitgeführt
360100 / 360106	Unvorschriftsmäßiges hinteres / vorderes Kennzeichen
703006 - 703017	Überschreiten einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit
718000 - 718002	dto. auf der Autobahn / Kraftfahrstraße
720000 - 720011	dto. beim Vorbeifahren an öffentlichen Verkehrsmitteln und Schulbussen
741000 - 742002	dto. durch Vorschriftszeichen angeordnet
734100 - 734111	Überschreiten des Gesamtgewichts / der Achslast
742100 - 742103	Überschreiten der Anhängelast

Parkverstöße:

112006* / 112216	Parken im Bereich / vor einer gekennzeichneten Feuerwehrzufahrt
112022 / 112023	Parken auf Sonderparkplatz für Anwohner / mit Behinderung
112042	Parken auf der linken Fahrbahnseite
112102 / 112103	Parken an enger Straßenstelle / mit Behinderung
112132 / 112133	Parken weniger als 5 m vor Fußgängerüberweg / mit Behinderung
112140 / 112141	Halten im Haltverbot / mit Behinderung
112142 / 112143	Parken im Haltverbot / mit Behinderung
112152 / 112153	Parken im eingeschränkten Haltverbot / mit Behinderung
112154 / 112155	dto.länger als 1 Stunde / mit Behinderung
112172 / 112173	Parken im Bereich von Richtungspfeilen / mit Behinderung
112202 / 112203	Parken im Bereich eines Taxenstandes / mit Behinderung
112262 / 112263	Parken weniger als 5 m vor Kreuzung oder Einmündung / mit Behinderung
112272 / 112273	Parken weniger als 5 m hinter Kreuzung oder Einmündung / mit Behinderung
112292 / 112293	Parken im Bereich einer Grundstücksein- bzw. -ausfahrt / mit Behinderung
112386	Parken auf Schwerbehindertenparkplatz ohne ausgelegten Parkausweis
112402 / 112403	Parken auf Gehweg / mit Behinderung
112412 / 112413	Parken in zweiter Reihe / mit Behinderung
141015 / 141018	Parken nicht entsprechend der Parkflächenmarkierung / mit Behinderung
141100 / 141101	Parken auf Radweg / mit Behinderung
141112 / 141113	Parken auf gemeinsamen Geh- u. Radweg / mit Behinderung
141245	Parken auf Sperrfläche
142103 / 142104	Parken in verkehrsberuhigtem Bereich außerh. Parkfläche / mit Behinderung

Verkehrsunfall mit Sachschaden verursacht:

101118	Schädigung eines anderen Verkehrsteilnehmers (bei sonstigen geringfügigen Verstößen, soweit kein anderer Tatbestand zutreffend)
101000	Abkommen von der Fahrbahn
101012	Streifen eines Fahrzeugs beim Vorbeifahren
101124	Auffahren auf vorausfahrendes Fahrzeug
101130	Auffahren auf ein stehendes Fahrzeug
104106	Auffahren auf ein abbremsendes Fahrzeug bei geringem Abstand
104119	Starkes Abbremsen ohne zwingenden Grund
105113	Fahrzeug beim Überholen gestreift
105126	Fehler beim Wiedereinordnen nach Überholen
105155	Linksabbieger links überholt
106102	Fehler beim Vorbeifahren an einem Hindernis bei Gegenverkehr
107101	Fehler beim Fahrstreifenwechsel
109114*	Abbiegen ohne auf nachfolgenden Verkehr zu achten
110101	Fehler beim Ausfahren aus einem Grundstück
110119	Fehler beim Einfahren von einem anderen Straßenteil
110125	Fehler beim Einfahren über einen abgesenkten Bordstein
110131	Fehler beim Anfahren vom Fahrbahnrand
110136	Fehler beim Einparken / Ausparken
114106	Fehler beim Einsteigen / Aussteigen

Auflage 2002

B. Unfallanzeige-Formular der gesetzlichen Unfallversicherer in Deutschland

UNFALLANZEIGE

1 Name und Anschrift des Unternehmens

2 Unternehmensnummer des Unfallversicherungsträgers

3 Empfänger

4 Name, Vorname des Versicherten

5 Geburtsdatum — Tag | Monat | Jahr

6 Straße, Hausnummer — Postleitzahl — Ort

7 Geschlecht ☐ männlich ☐ weiblich

8 Staatsangehörigkeit

9 Leiharbeitnehmer ☐ ja ☐ nein

10 Auszubildender ☐ ja ☐ nein

11 Ist der Versicherte ☐ Unternehmer ☐ mit dem Unternehmer verwandt ☐ Ehegatte des Unternehmers ☐ Gesellschafter/Geschäftsführer

12 Anspruch auf Entgeltfortzahlung besteht für ☐☐ Wochen

13 Krankenkasse des Versicherten (Name, PLZ, Ort)

14 Tödlicher Unfall? ☐ ja ☐ nein

15 Unfallzeitpunkt — Tag | Monat | Jahr | Stunde | Minute

16 Unfallort (genaue Orts- und Straßenangabe mit PLZ)

17 Ausführliche Schilderung des Unfallhergangs (Verlauf, Bezeichnung des Betriebsteils, ggf. Beteiligung von Maschinen, Anlagen, Gefahrstoffen)

Die Angaben beruhen auf der Schilderung ☐ des Versicherten ☐ anderer Personen

18 Verletzte Körperteile

19 Art der Verletzung

20 Wer hat von dem Unfall zuerst Kenntnis genommen? (Name, Anschrift des Zeugen) War diese Person Augenzeuge? ☐ ja ☐ nein

21 Name und Anschrift des erstbehandelnden Arztes/Krankenhauses

22 Beginn und Ende der Arbeitszeit des Versicherten — Beginn: Stunde | Minute — Ende: Stunde | Minute

23 Zum Unfallzeitpunkt beschäftigt/tätig als

24 Seit wann bei dieser Tätigkeit? Monat | Jahr

25 In welchem Teil des Unternehmens ist der Versicherte ständig tätig?

26 Hat der Versicherte die Arbeit eingestellt? ☐ nein ☐ sofort später, am Tag | Monat | Stunde

27 Hat der Versicherte die Arbeit wieder aufgenommen? ☐ nein ☐ ja, am Tag | Monat | Jahr

28 Datum | Unternehmer/Bevollmächtigter | Betriebsrat (Personalrat) | Telefon-Nr. für Rückfragen (Ansprechpartner)

Abbildung B-1: Unfallanzeige der BERUFSGENOSSENSCHAFTEN (Quelle: www.hvbg-service.de)

C. Quellenmaterial zur Beschreibungsstruktur von CAHR

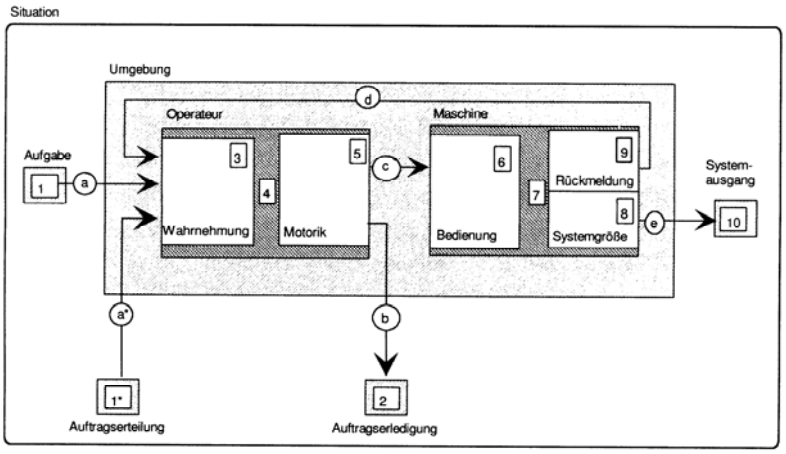


Abbildung C-1: Das MMS als generisches Element zur Erfassung menschlicher Handlungen (aus STRÄTER (1997), S. 90, Bild 16)

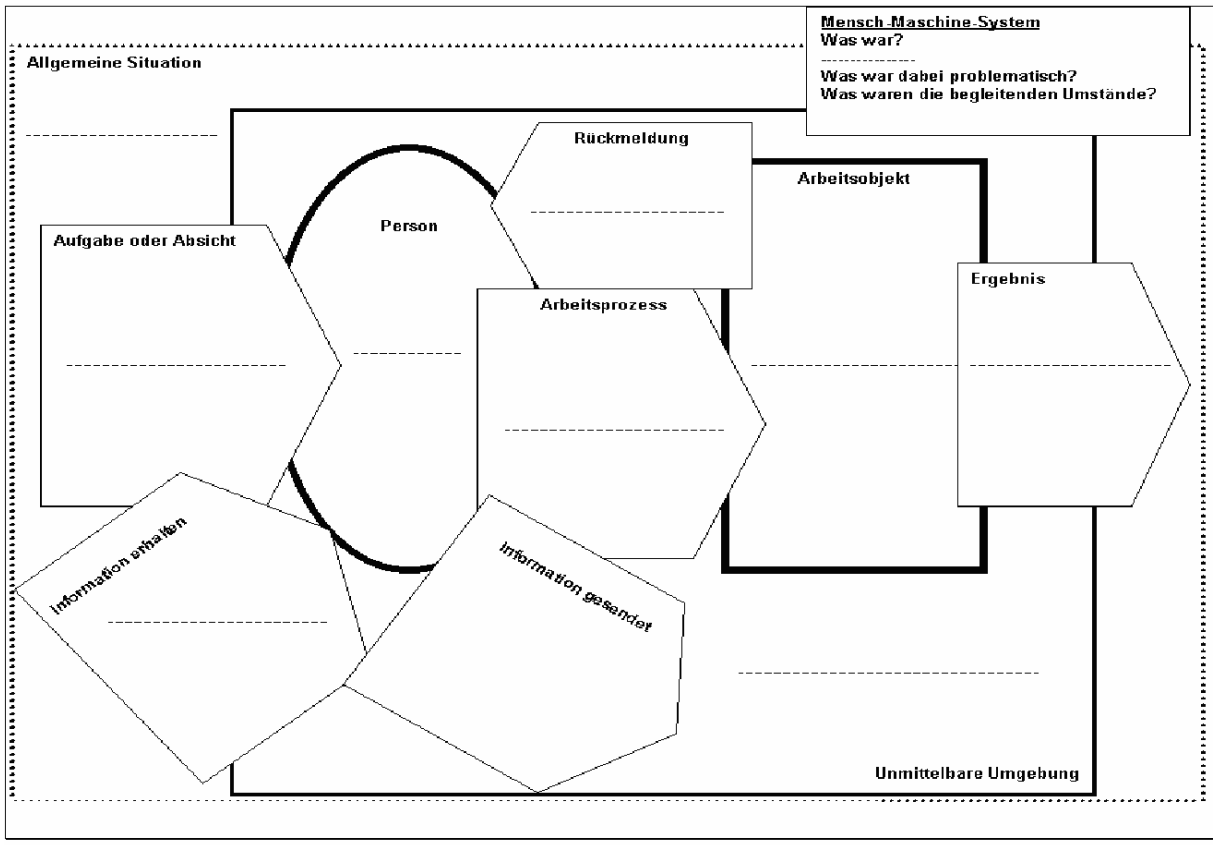
MMS Komponente	*Bezeichnung*	*Beschreibung*
Situation		In welcher Situation fand das Ereignis statt? Alle allgemeinen Informationen, die für die beobachtete Fehlhandlung von Bedeutung sind. *Beispiel: Während der Revision, Wiederkehrende Prüfung, 10 Minuten nach Ereigniseintritt.*
Aufgabe	1-a-3	Welche Aufgabe hatte die Person? Alle Aufgaben, die an eine Person gestellt werden. Die Beschreibung der Aufgaben geschieht mit Hilfe verfahrenstechnischer Begriffe. *Beispiel: Kühlmitteldruck an Behälter xy prüfen*
Person	3-4-5	Welche Person war an dem Ereignis beteiligt? Die Person, die an der Aufgabenerfüllung beteiligt ist. *Beispiel: Elektriker durchführen, Operateur überwachen*
Tätigkeit	5-c-6	Was war zu tun? Alle Tätigkeiten, die zur Erfüllung einer Aufgabe erforderlich sind. *Beispiel: Kühlmitteldruck eingestellt, Schalter betätigt*
Rückmeldung	9-d-3	Welche Informationsmittel haben der Person den Zustand der Anlage gemeldet; wie hat sie den Fehler gemerkt? Alle Gegenstände oder Systeme, welche die Systemgröße an die Person zurückmelden. *Beispiel: Druckwert am Bildschirm ablesen*
Auftragserteilung	1*-a*-3	Welche organisatorischen Hilfen hatte die Person zur Verfügung? Alle Personen oder Gegenstände (Prozeduren, Anruf per Telefon), durch welche die Aufgabe der Person aufgetragen wurde. *Beispiel: Schriftliche Anweisung xy befolgen*
Auftragserledigung	5-b-2	Welche organisatorischen Aufgaben hatte die Person zu erledigen, wem mußte sie wie über ihre Arbeit berichten? Alle Personen oder Gegenstände, denen eine Aufgabenerledigung bekannt gemacht wird. *Beispiel: Arbeitserlaubnisschein schriftlich ausfüllen*
System	8-e-10	Welches Teilsystem, welche Systemkomponente war betroffen? Alle technischen Systeme, auf welche die Aufgabenerfüllung eine Wirkung hatte bzw. an denen Schäden entstanden sind. *Beispiel: Druck im Behälter xy angestiegen.*
Umgebung		An welchen Orten fand das Ereignis statt? Die Räumlichkeiten, in denen die Person die Aufgabe zu erfüllen hatte. *Beispiel: Warte, Vor Ort*

Abbildung C-2: Beschreibung der Komponenten im MMS (aus STRÄTER, 1997, S. 92, Tabelle 13)

Zeile	*Komponente*	*Satz*	*Objekt*	*Aktion (Verbal)*	*Angabe (Fehler)*	*Eigenschaft (PSF)*	*Element (Unterbegriff)*
0	:						
1	Aufgabe	Satz 1	Ventil				Typ X
2	"	"	"	öffnen	unterlassen	Zeitdruck	hoch
3	Person	Satz 2	Wartenpersonal				
4	Tätigkeit	Satz 3	Ventil				Regler
5	"	"	"	geöffnet			
6	"	"	Regler	eingestellt	zu viel		
7	"	"	"			Beschriftung	Lesbarkeit
8	"	"	"			Beschriftung	unzureichend
9	"	"	"			Lesbarkeit	schlecht
10	Rückmeldung	Satz 4	Meldung				Stellungsmeldung
11	"	"	Stellungsmeldung	erkennen			
12	"	Satz 5	Anzeige				Manometer
13	"	"	Manometer	ablesen			
14	:						

Abbildung C-3: Tabellarische Ereignisbeschreibung in CAHR (aus STRÄTER, 1997, S. 102)

D. Beispiel für ein Arbeitsblatt zur Datenerfassung, das sich am Mensch-Maschine-System orientiert



E. Material zum Hauptversuch

E.1 Versuchsablauf

- Begrüßung.
- Ausfüllen des Fragebogens zur Person.
- Versuchseinführung.
- Eingabe der beiden Ereignisse. Vorgehensweise wird vom Programm bzw. VL protokolliert.
- Ausfüllen des Fragebogens zum Versuchsablauf.
- Aushändigung des Versuchshonorars mit Quittierung.
- Dank und Verabschiedung.

E.2 Die Ereignisse des Hauptversuchs:

Beispielereignis ‚Vogelschlag'

8.10.99, 9 Uhr Ortszeit, Flughafen Kurumbana, Wetter nass und neblig.

Ein zweistrahliges Verkehrsflugzeug vom Typ Boeing 737 beschleunigt zum Start. Plötzlich kreuzt ein Schwarm Vögel die Startbahn. Der nicht fliegende Pilot meldet, dass die Vibrationsanzeige des linken Triebwerks erhöhte Werte anzeigt. Vom Tower kommt die Information, dass aus dem linken Triebwerk Rauch austritt. Aufgrund immer stärker werdender Vibrationen entscheidet sich der fliegende Pilot (1.500 h Flugerfahrung) zu einem Startabbruch, obwohl die Entscheidungsgeschwindigkeit V_1 gerade überschritten wird. Das Flugzeug kommt erst nach Rollbahnende im Grünbereich zum Stehen.

Versuchsereignis ‚Fahrwerk'

Ein Verkehrsflugzeug vom Typ Airbus A 320 startet am 16. Februar 2001 um 9.41 Uhr Ortszeit vom Flughafen Stuttgart.

Der Kapitän (13.000 h Flugerfahrung) ist fliegender Pilot. Nach Abheben und Erreichen einer positiven Steigrate soll der Erste Offizier (5.000 h) das Fahrwerk einfahren. Er bedient dazu den Fahrwerkshebel. Aus dem Rumpf sind knarrende Geräusche zu hören. Kontrolllichter zeigen an, dass das linke Hauptfahrwerk nicht ordnungsgemäß eingefahren sei. Der Erste Offizier teilt diesen Umstand dem Kapitän mit. Dieser übergibt die Rolle des fliegenden Piloten an den Ersten Offizier. Er gibt ihm die Anweisung den Steigflug fortzusetzen und widmet sich der Störung. Nach kurzer Diskussion mit seinem Ersten Offizier versucht der Kapitän das Problem dadurch zu lösen, indem er das Fahrwerk erneut aus- und wieder einfährt. Bei dieser Gegenmaßnahme wird das Fahrwerk ohne Knarrgeräusche und laut Kontrollanzeigen ordnungsgemäß eingefahren. Die Besatzung vergisst jedoch, wegen hoher Arbeitsbelastung im weiteren Flugverlauf, die Störung ins Bordbuch einzutragen.

Versuchsereignis ‚Seitenwind'

Flughafen London, 15.12.1998, 22.13 Uhr.

Eine Boeing 767 befindet sich im Landeanflug. Laut Wetterbericht ist im Flughafenbereich mit starkem Seitenwind zu rechnen. Der Kapitän (11.000 h Flugerfahrung) ist fliegender Pilot. Aus Gewohnheit schaltet er erst in einer Höhe von 100 Fuß über der Landebahn den Autopiloten aus, um die Landung manuell durchzuführen. Genau beim Deaktivieren des Autopiloten wird das Flugzeug von einer Windböe erfasst, giert nach rechts und driftet nach links. Der Kapitän versucht, dies mit Steuereingaben zu korrigieren. In der kurzen Zeit bis zum Aufsetzen gelingt es ihm jedoch nicht, das Flugzeug zu stabilisieren. Durch das harte Aufsetzen knickt das Bugfahrwerk ein. Das Flugzeug rutscht auf der Nase bis zum Stillstand die Landebahn entlang. Die Evakuierung durch die Flugbegleiter wird verzögert, weil der Kapitän wegen Schäden an der Bordsprechanlage den Evakuierungsbefehl nicht sofort durchgeben kann. Dadurch entsteht eine Panik, bei der zwölf Passagiere verletzt werden.

E.3 Fragebogen zum Hauptversuch

Persönlicher Teil

Ort:
Datum:
Alter:
Bitte beschreiben Sie kurz ihren beruflichen Hintergrund (Ausbildung, Studium, Beruf, Tätigkeiten):
Haben Sie Erfahrungen im Umgang mit Computern? Welche Betriebssysteme, Software, usw. verwenden Sie?
Haben Sie Erfahrungen auf dem Gebiet der Fliegerei (Interessen, Ausbildung, Flugzeugtyp, Flugstunden, ...)?
Haben Sie Erfahrungen mit dem arbeitswissenschaftlichen Mensch-Maschine-System?
Haben Sie Erfahrungen mit der Erfassung oder Auswertung von Flugereignissen?

Ihre Meinung zum Versuch ...

1) Wie gut haben Sie Ihrer Meinung nach die Versuchsaufgabe verstanden?
O sehr gut O gut O es geht so O nicht so gut O gar nicht
Bemerkung:

2) Haben Sie die Versuchsereignisse für Sie zufrieden stellend in das Programm eingeben können?
O sehr gut O gut O es geht so O nicht so gut O gar nicht
Bemerkung:

3) Wie gut eignet sich ihrer Meinung nach das Mensch-Maschine-(Umwelt)-System zur Beschreibung von Ereignissen?
O sehr gut O gut O mittelmäßig O schlecht O sehr schlecht
Bemerkung:

4) War es schwierig, die Ereignisse in eine Folge von in Unterereignissen aufzuteilen?
O sehr leicht O leicht O mittelmäßig O schwierig O sehr schwierig
Bemerkung:

5) Wie gut eignet sich ihrer Meinung nach der Satzbau ‚Objekt-Aktion-Problem-Umstand' zur Ereignisbeschreibung?
O sehr gut O gut O es geht so O eher schlecht O überhaupt nicht
Bemerkung:

6) Wie gut konnten Sie die vorgegebenen Begriffe zur Ereignisbeschreibung verwenden?
O sehr gut O gut O es geht so O eher schlecht O überhaupt nicht
Bemerkung:

7) Wie bewerten sie die Übersichtlichkeit der Darstellung des Gesamtereignisses als Folge von Unterereignissen im Programm?
O sehr gut O gut O es geht so O eher schlecht O ungenügend
Bemerkung:

8) Wie bewerten sie die Übersichtlichkeit der Darstellung der Unterereignisdaten als Ereignisbaum?

O sehr gut O gut O es geht so O eher schlecht O ungenügend

Bemerkung:

9) Wie bewerten sie die Daten-Kopierfunktion des Programms, also dass Daten, die vermutlich passen könnten, in die Eingabefelder kopiert werden?

O notwendig O gut O manchmal brauchbar O unnötig O störend

Bemerkung:

10) Wie bewerten sie die farbliche Rückmeldung im Programm, mit der die Vollständigkeit der Unterereignisbeschreibung angezeigt wird?

O notwendig O gut O manchmal brauchbar O unnötig O störend

Bemerkung:

11) Wie bewerten Sie die Programmunterstützung bei der Ereigniseingabe allgemein?

O optimal O gut O es geht so O schlecht O ungenügend

Bemerkung:

12) Wie bewerten Sie den zeitlichen Aufwand der Ereignisbeschreibung?

O gering O angemessen O an der Grenze O hoch O viel zu hoch

Bemerkung:

13) Gibt es ihrer Meinung nach Alternativen zu Ihrer Art und Weise der Ereignisbeschreibung?

O viele O wenige O eine O keine O kann sein

Bemerkung:

14) Haben Sie bei sich im Laufe des Versuchs einen Übungseffekt festgestellt?

O ja, sehr sogar O ja O ein wenig O kann sein O überhaupt nicht

Bemerkung:

15) Welches Ereignis empfanden Sie als schwieriger zu übertragen?

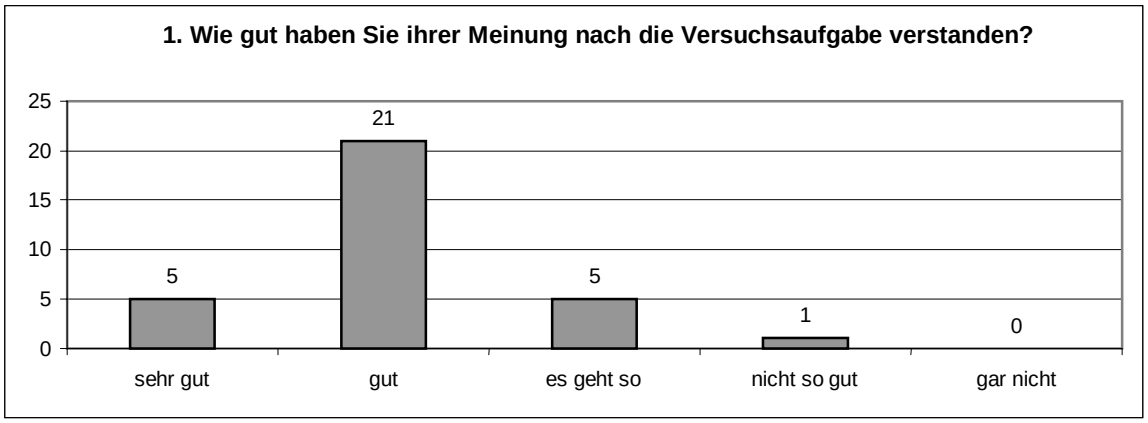
O Fahrwerk O Seitenwind O beide gleich schwierig

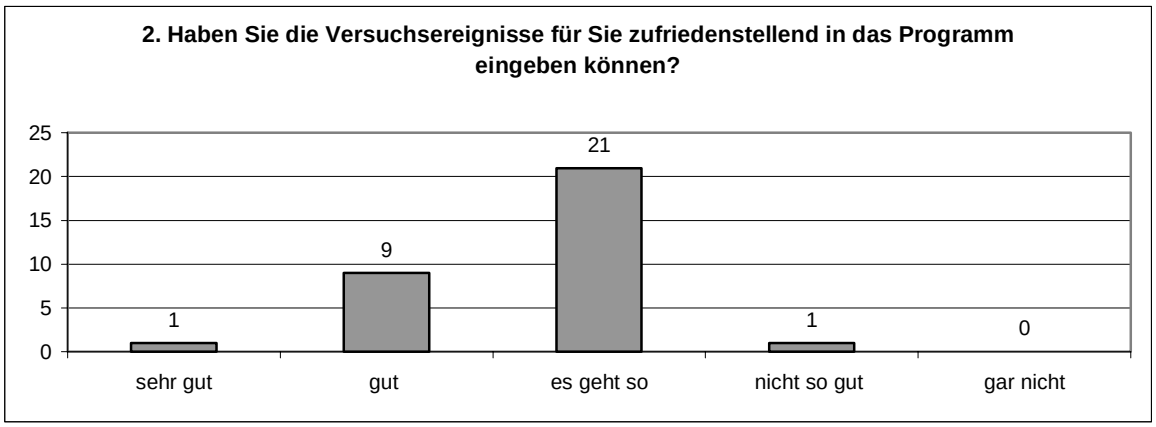
Bemerkung

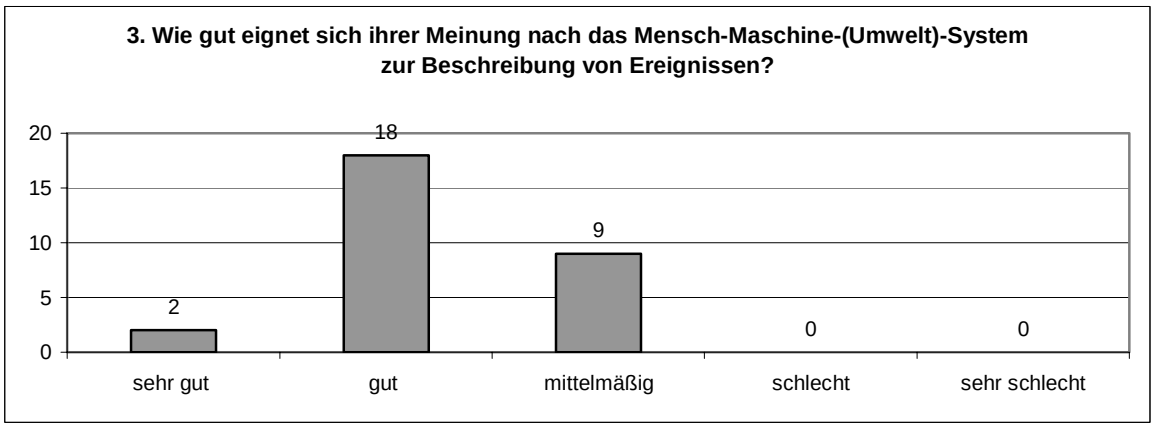
16) Raum für weitere Bemerkungen:

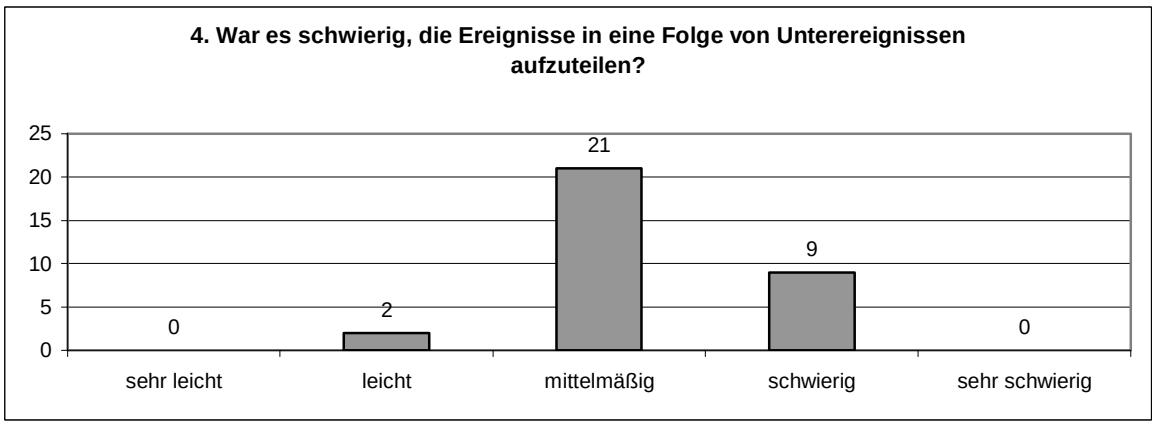
Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!!!

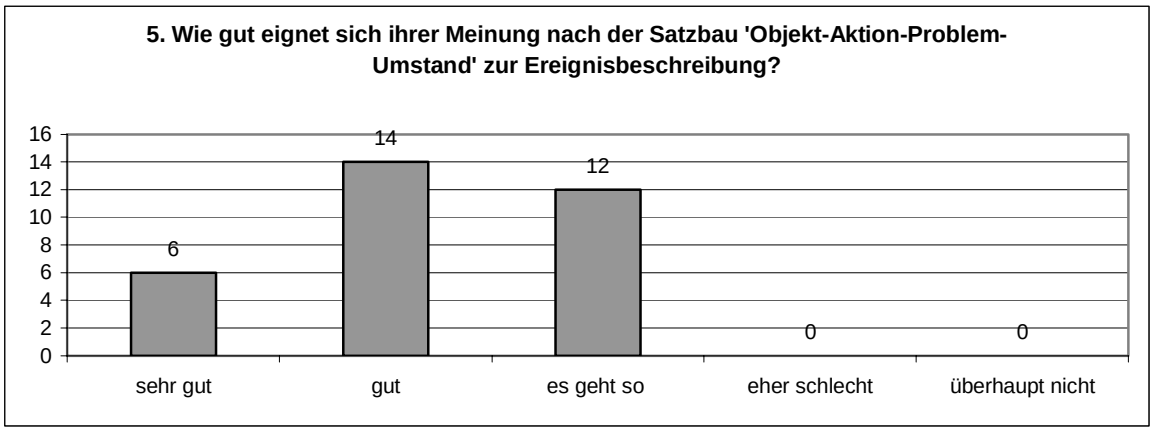
F. Ergebnisse des Fragebogens (Übersicht)

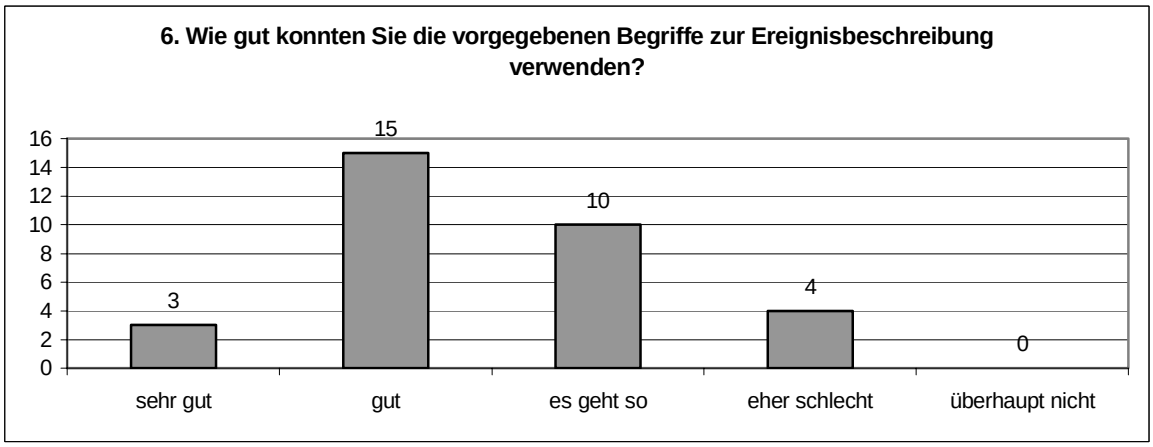


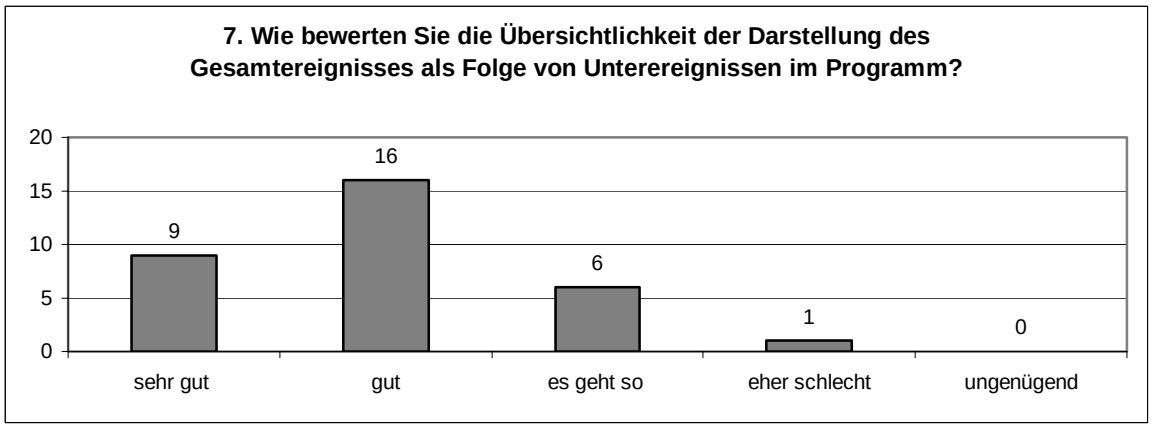


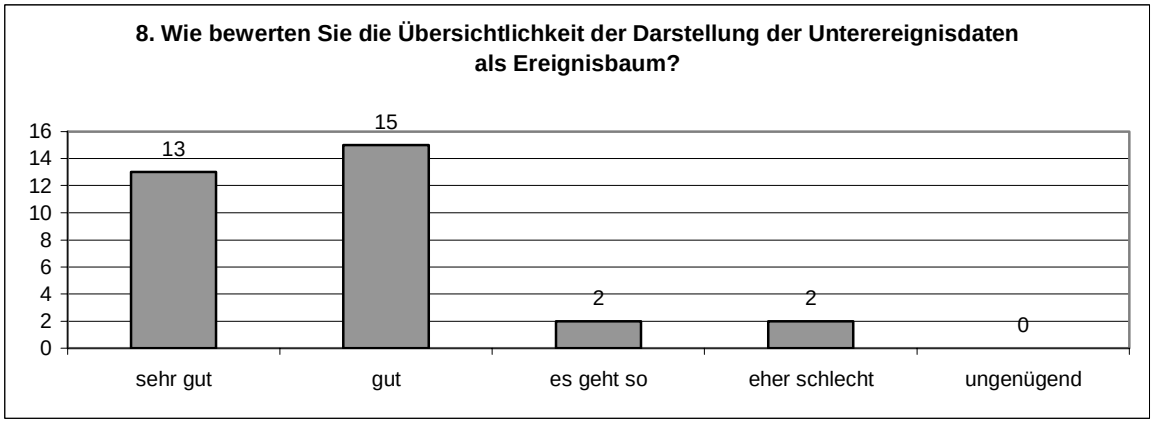




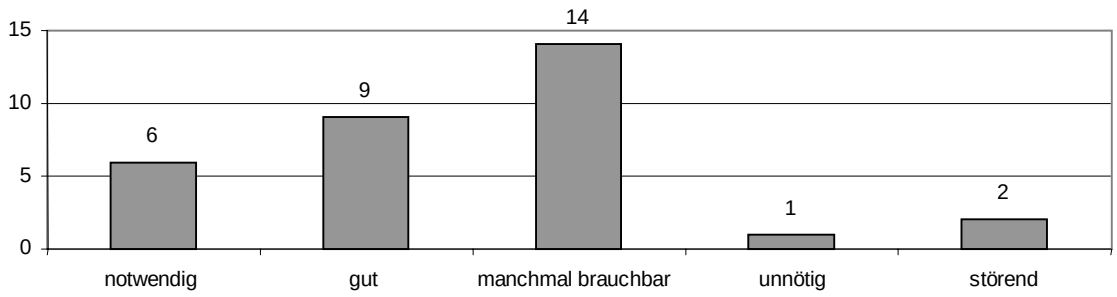

5. Wie gut eignet sich ihrer Meinung nach der Satzbau 'Objekt-Aktion-Problem-Umstand' zur Ereignisbeschreibung?
16
14
12
10
8
6
4
2
0
6
14
12
0
0
sehr gut
gut
es geht so
eher schlecht
überhaupt nicht


6. Wie gut konnten Sie die vorgegebenen Begriffe zur Ereignisbeschreibung verwenden?
16
14
12
10
8
6
4
2
0
3
15
10
4
0
sehr gut
gut
es geht so
eher schlecht
überhaupt nicht

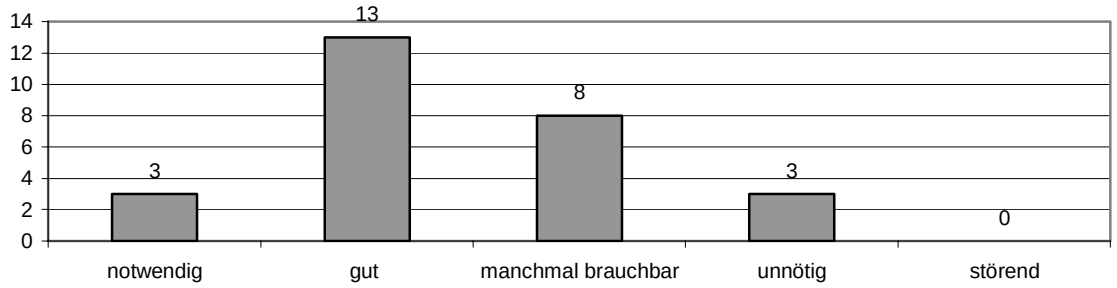

7. Wie bewerten Sie die Übersichtlichkeit der Darstellung des Gesamtereignisses als Folge von Unterereignissen im Programm?
20
15
10
5
0
9
16
6
1
0
sehr gut
gut
es geht so
eher schlecht
ungenügend


8. Wie bewerten Sie die Übersichtlichkeit der Darstellung der Unterereignisdaten als Ereignisbaum?
16
14
12
10
8
6
4
2
0
13
15
2
2
0
sehr gut
gut
es geht so
eher schlecht
ungenügend

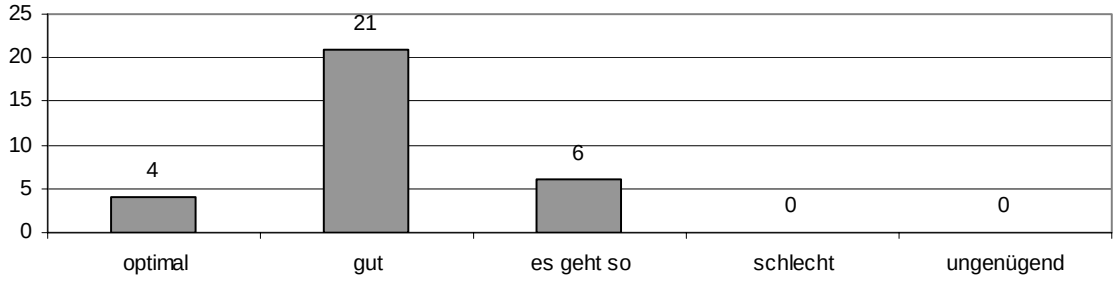
9. Wie bewerten Sie die Datenkopierfunktion des Programms, dass also Daten, die vermutlich passen könnten, in die Eingabefelder kopiert werden?



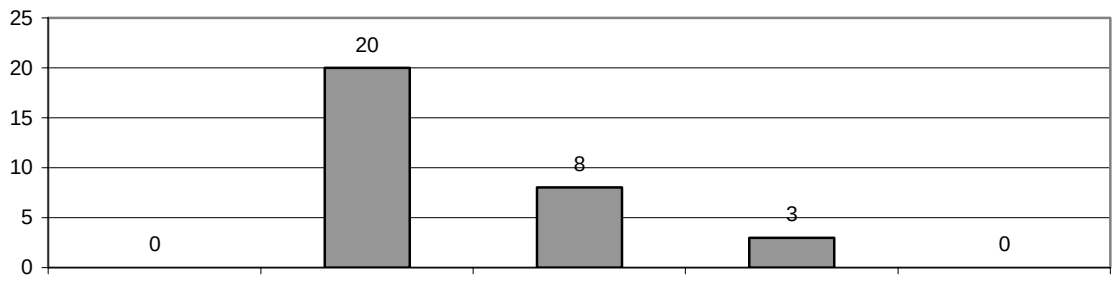
10. Wie bewerten Sie die farbliche Rückmeldung im Programm, mit der die Vollständigkeit der Unterereignisbeschreibung angezeigt wird?

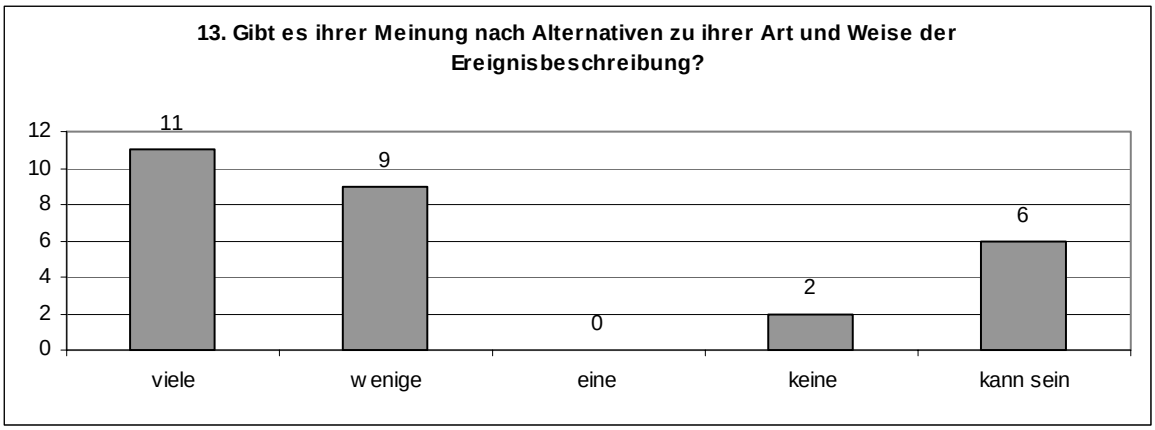


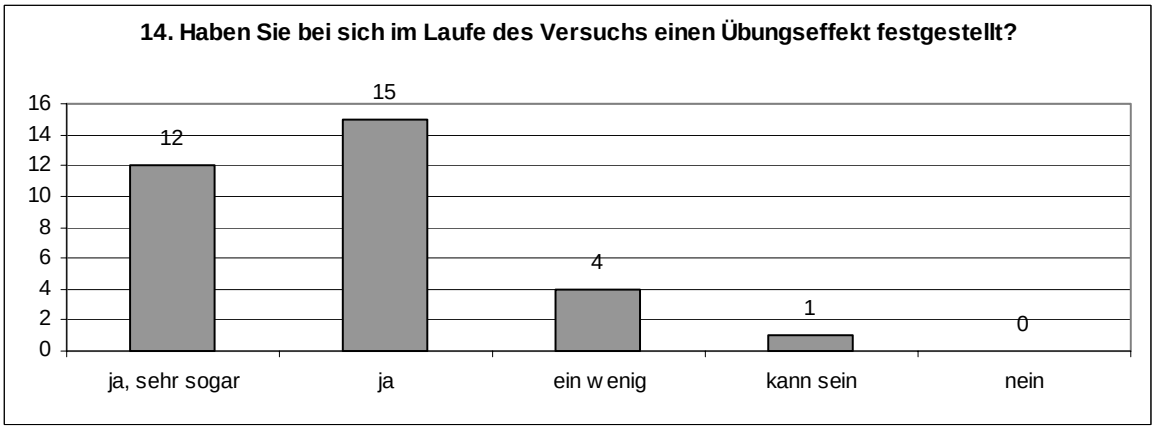
11. Wie bewerten Sie die Programmunterstützung bei der Ereigniseingabe allgemein?

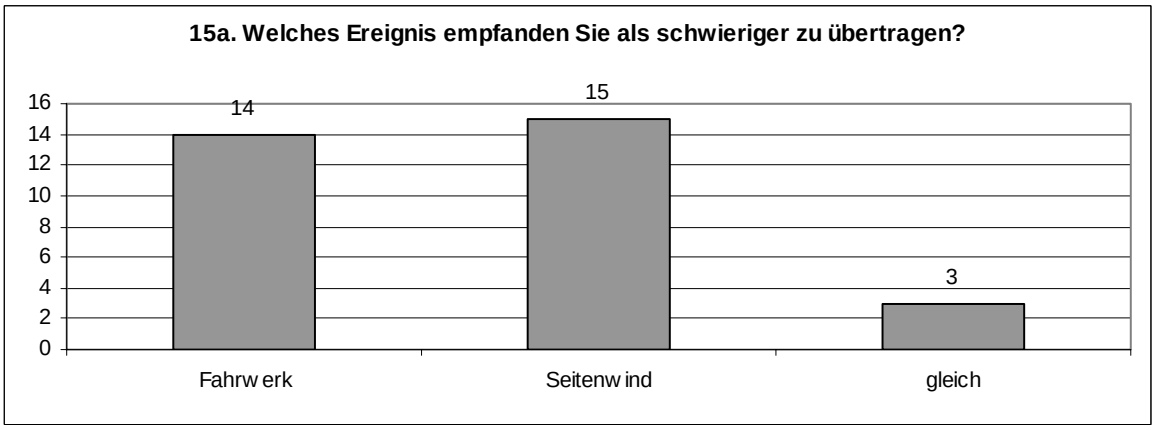


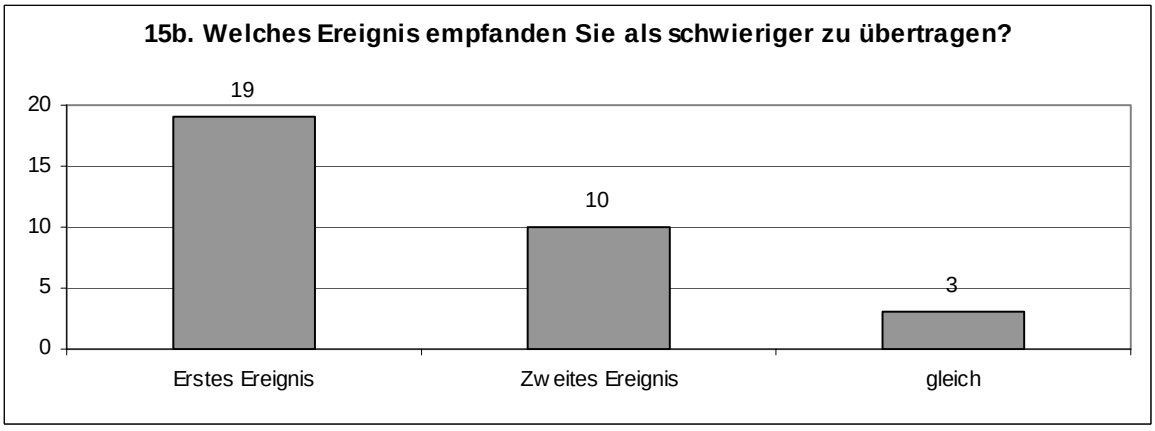
12. Wie bewerten Sie den zeitlichen Aufwand der Ereignisbeschreibung?

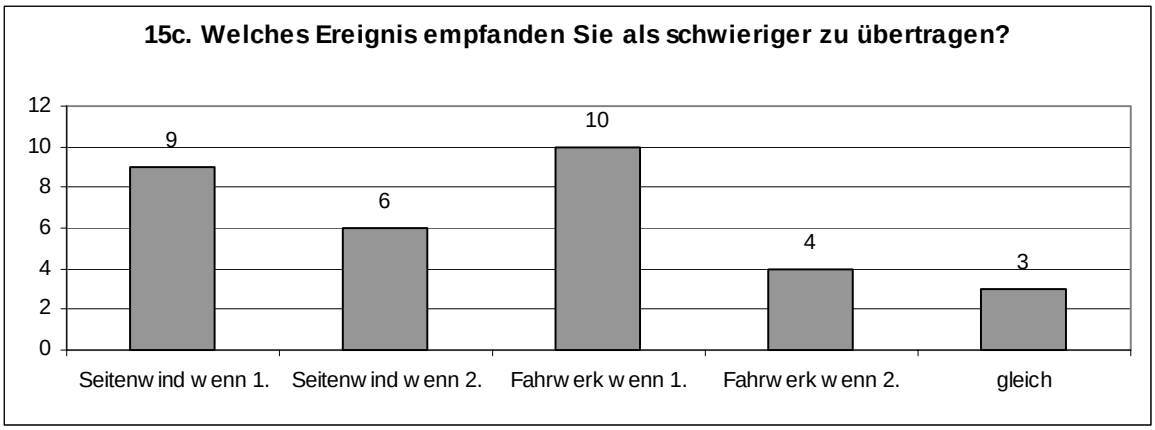



13. Gibt es ihrer Meinung nach Alternativen zu ihrer Art und Weise der Ereignisbeschreibung?
12
10
8
6
4
2
0
11
9
0
2
6
viele
w enige
eine
keine
kann sein


14. Haben Sie bei sich im Laufe des Versuchs einen Übungseffekt festgestellt?
16
14
12
10
8
6
4
2
0
12
15
4
1
0
ja, sehr sogar
ja
ein w enig
kann sein
nein


15a. Welches Ereignis empfanden Sie als schwieriger zu übertragen?
16
14
12
10
8
6
4
2
0
14
15
3
Fahrw erk
Seitenw ind
gleich


15b. Welches Ereignis empfanden Sie als schwieriger zu übertragen?
20
15
10
5
0
19
10
3
Erstes Ereignis
Zw eites Ereignis
gleich



G. Bearbeitungszeiten

VP	Bearbeitungsdauer [Minuten]			
	Fahrwerk	Seitenwind	Erstes	Zweites
1	25	20	25	20
2	30	45	45	30
3	43	27	43	27
4	45	50	50	45
5	69	49	69	49
6	30	30	30	30
7	51	38	51	38
8	25	27	27	25
9	50	48	50	48
10	33	46	46	33
11	43	44	43	44
12	24	38	38	24
13	43	36	43	36
14	25	30	30	25
15	68	25	68	25
16	43	51	51	43
17	30	35	30	35
18	18	45	45	18
19	53	40	53	40
20	24	60	60	24
21	35	41	35	41
22	38	65	65	38
23	40	28	40	28
24	30	65	65	30
25	52	30	52	30
26	33	54	54	33
27	50	55	50	55
28	98	64	64	98
29	38	26	38	26
30	28	80	80	28
31	49	42	49	42
32	35	47	47	35

Tabelle G-6: Übersicht zu den Bearbeitungszeiten beim Hauptversuch

H. Versuchsdaten über die Zuordnung

Fahrwerk											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nr	Information	SIT	UMG	AUF	PER	I-E	I-A	HAN	OBJ	RMD	ERG
1	Verkehrsflugzeug Airbus A320	31		11				6	7	2	5
2	Flugphase: Start	31	1	12				7	7	3	5
3	Datum: 16. Februar 2001	32									
4	Uhrzeit: 9.41 Uhr, Ortszeit	32									
5	Ort:. Flughafen Stuttgart.	31									
6	Der Kapitän			2	25	2					
7	Flugerfahrung 13.000 h		1	3	30	3					
8	ist fliegender Pilot.				12	1		1			
9	Nach Abheben	1		4				3	1		1
10	und Erreichen einer positiven Steigrate	1		4		1	1	3	2	1	2
11	der Erste Offizier	1		6	30	2	2	4	1		1
12	Flugerfahrung 5.000 h			1	28	1					
13	soll das Fahrwerk einfahren.	1		24		3	3	12	4		1
14	Erster Offizier bedient Fahrwerkhebel			8		1		18	6		1
15	Aus dem Rumpf sind knarrende Geräusche hörbar.					16	1	1	4	12	
16	Kontrolllichter zeigen an					7		2	2	25	1
17	dass linkes Hauptfahrwerk			2		10	4	7	15	27	14
18	nicht ordnungsgemäß eingefahren.			2		12	6	7	15	27	14
19	Der Erste Offizier informiert Kapitän.			1	1	15	20	2	1	1	1
20	Rollentausch PF / PNF.			12		5	12	11	5	2	6
21	Kapitän gibt Anweisung Steigflug fortzusetzen.			1		3	7	6	3		2
22	Kapitän widmet sich der Störung.			20		1		7	1		2
23	Kapitän und Erster Offizier diskutieren Problem.				1	8		6			
24	Kapitän fährt Fahrwerk erneut aus und wieder ein.			6				26	8		3
25	Bei dieser Gegenmaßnahme							1	2	5	4
26	Fahrwerk fährt ohne Knarrgeräusche ein			1		6		2	5	12	2
27	Fahrwerk fährt laut Kontrollanzeigen ok ein							1		21	6
28	Fahrwerk fährt ordnungsgemäß ein.			1		5		2	5	18	21
29	Die Besatzung				8			12	1	1	10
30	unterlässt						2	17	2	2	21
31	im weiteren Flugverlauf		2				2	13	1	2	14
32	die Störung ins Bordbuch einzutragen			14			2	17	7	3	22
33	es herrscht hohe Arbeitsbelastung.						2	15	1	1	13

Tabelle H-1: Zuordnung der Informationen zu den MMS-Komponenten beim Versuch ‚Fahrwerk'[1].

[1] In den Zellen ist die absolute Anzahl der Zuordnungen angegeben, wobei insgesamt 32 Personen an dem Versuch teilgenommen haben. Die Zellen der Expertenlösung sind grau hinterlegt.

Seitenwind											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nr.	Information	SIT	UMG	AUF	PER	I-E	I-A	HAN	OBJ	RMD	ERG
1	Datum: 15.12.1998	33									
2	Uhrzeit: 22.13 Uhr	33	3								
3	Ort: Flughafen London	33									
4	Flugzeugtyp: Boeing 767	33		3				1	1		1
5	Flugphase:Landeanflug.	33	1	23				4	7		2
6	Laut Wetterbericht		5			10	1				
7	ist im Flughafenbereich		7			6	1				
8	mit starkem Seitenwind zu rechnen.	2	30	1		9	1	2			1
9	Der Kapitän	1			24						
10	Flugerfahrung 11.000 h		1	1	32						
11	ist fliegender Pilot.	1			14			2			
12	Der Kapitän schaltet			4				29	4	1	2
13	aus Gewohnheit			1	1			21	1		1
14	in 100 Fuß Höhe über Landebahn			1		1		21	4	1	2
15	den Autopiloten aus			5				30	4	1	2
16	um Landung manuell durchzuführen.			3				15	4	1	1
17	Genau beim Deaktivieren			1		1		3	3		1
18	des Autopiloten			1		1		3	3		1
19	wird das Flugzeug			4		4	2	5	15	8	12
20	von einer Windböe erfasst,	1	2	3		2		6	15	1	7
21	giert nach rechts und driftet nach links.			3		7	3	5	14	13	12
22	Der Kapitän			5				18	1	1	1
23	versucht dies zu korrigieren		1	10				21	1	1	2
24	mit Steuereingaben.			5				19	1	1	1
25	In der kurzen Zeit bis zum Aufsetzen			1			1	18	4	1	4
26	gelingt es dem Kapitän nicht						1	17	2	1	3
27	das Flugzeug zu stabilisieren.			1			1	17	2	1	3
28	Durch das harte Aufsetzen		1	1		4		5	9	3	23
29	knickt das Bugfahrwerk ein		1	1		4		5	9	3	24
30	Das Flugzeug rutscht auf der Nase				1	1		2	5	1	16
31	die Landebahn entlang bis zum Stillstand.					1		2	5	1	16
32	Die Evakuierung der Passagiere	1	1	23	1	3	8	24	9	2	5
33	durch die Flugbegleiter		1	7	19	3	1	18	1		2
34	wird verzögert, weil		1	7		8	2	18	3		2
35	der Kapitän		1	3	1	16		10	2		1
36	wegen Schäden an der Bordsprechanlage		3	5		15	2	20	5		6
37	den Evakuierungsbefehl nicht sofort durchgeben kann.		1	7		16	1	12	1	1	3
38	Dadurch entsteht unter den Passagieren eine Panik					1		3	13	6	19
39	bei der zwölf Passagiere verletzt werden.				1			2	4		28

Tabelle H-2: Zuordnung der Informationen zu den MMS-Komponenten beim Versuch ‚Seitenwind'[1].

[1] In den Zellen ist die absolute Anzahl der Zuordnungen angegeben, wobei insgesamt 33 Personen an dem Versuch teilgenommen haben. Die Zellen der Expertenlösung sind grau hinterlegt.

I. Versuchsdaten zur Satzbildung, Begriffswahl und Begriffsbeschreibung

Tabelle I-1: Sätze, Begriffe und Beschreibungen beim ‚unterlassenen Bordbucheintrag'

Info: „Die Besatzung vergisst wegen hoher Arbeitsbelastung im weiteren Flugverlauf die Störung ins Bordbuch einzutragen" (Ereignis ‚Fahrwerk')					
Nr.	***MMS***	***Objekt***	***Handlung***	***Problem***	***Umstand***
0	**AUF**	**Störung**	**melden**		
		Fahrwerkproblem	*ins Bordbuch eintragen*		
	HAN	**Störung**	**melden**	**unterlassen**	**Belastung**
		Fahrwerkproblem	*ins Bordbuch eintragen*		*Arbeitsbelastung*
1	**HAN**	**Prozedur**	**nachbereiten**	**unterlassen**	**Arbeitsbelastung**
2	**I/A**	**Dokument**	**dokumentieren**	**unterlassen**	**Stress**
		Bordbuch			*Arbeitsbelastung*
3	**AUF**	**Prozedur**	**durchführen**	**Problem**	**Belastung**
		Störung in Bordbuch eintragen	*Störung in Bordbuch eintragen*	*Störung wurde nicht eingetragen*	*hohe Arbeitsbelastung während des Fluges*
	HAN	**Prozedur**	**Ist-Zustand**		
			Störung nicht in Bordbuch eingetragen		
	ERG	**Prozedur**	**Ist-Zustand**	**unterlassen**	**Person**
			Störung nicht in Bordbuch eingetragen		*hohe Arbeitsbelastung*
6	**I/A**	**Organisation**	**schriftlich**	**unterlassen**	**Arbeitsbelastung**
		Eintrag ins Bordbuch			*hoch*
7	**AUF**	**Bordbuch**	**eintragen**	**keine Probleme**	
			Eintragung der Fahrwerksprobleme		
	HAN	**Bordbuch**	**eintragen**	**unterlassen**	**Belastung**
			Eintragung der Fahrwerksprobleme		*Crew ist zu sehr beschäftigt und vergisst den Fehler ins Bordbuch einzutragen*
	A/O	**Bordbuch**	**eintragen**	**kein Fehler**	
			Eintragung der Fahrwerksprobleme		
	RM	**Information**	**visuell**	**fehlt**	**Stress**
		Text im Bordbuch	*Eintragung der Fahrwerksprobleme*	*keine Eintragung*	*hohe Arbeitsbelastung im Cockpit*
	ERG	**Bordbuch**	**eintragen**	**falsch**	**Stress**
			es wurde keine Eintragung ins Bordbuch gemacht	*es hätte eine Eintragung gemacht werden müssen*	*hohe Arbeitsbelastung im Cockpit*
8	**ERG**	**Kommunikationsmittel**	**Ist-Zustand**	**falsch**	**Leistungsgrenze**
		Bordbuch	*Fehler des Fahrwerks nicht eingetragen*		*Arbeitsbelastung während des Fluges zu hoch*
9	**AUF**	**Bericht**	**erstatten**		
			Störung ins Bordbuch eintragen		
	HAN	**Bericht**	**erstatten**	**unterlassen**	**Arbeitsbelastung**
			Störung ins Bordbuch eintragen	*Störung wird nicht ins Bordbuch eingetragen*	*hohe Arbeitsbelastung im weiteren Flugverlauf*
	A/O	**Bericht**	**erstatten**		
			Störung ins Bordbuch eintragen		

	ERG	**Bericht**	**erstatten**	**unterlassen**	
			Störung ins Bordbuch eintragen	*Störung wurde nicht eingetragen*	
10	**ERG**	**Störung**	**eintragen**	**unterlassen**	**Arbeitsbelastung**
		defektes Fahrwerk		*vergessen einzutragen*	*im weiteren Flugverlauf*
11	**UMG**	**Arbeitsatmosphäre**			
		Hohe Arbeitsbelastung			
	HAN	**Störung**	**beheben**	**falsch (unerwünscht)**	**Arbeitsbelastung**
			Versuch, das Problem mit dem Fahrwerk durch erneutes Aus- und Einfahren zu lösen	*Technisches Problem behoben, jedoch wird das Problem nicht vorschriftsmäßig im Bordbuch dokumentiert*	*Hohe Arbeitsbelastung im weiteren Flugverlauf*
	ERG	**Fahrwerk**	**beheben**	**etwas wurde unterlassen**	**Situation**
		Fahrwerk funktioniert wieder	*Versuch, das Problem mit dem Fahrwerk durch erneutes Aus- und Einfahren zu lösen*	*Besatzung vergisst, das Problem im Bordbuch festzuhalten*	*Hohe Arbeitsbelastung*
12	**ERG**	**Störung**	**beheben**	**teilweise falsch**	**hohe Arbeitsbelastung**
		Fahrwerk	*Fahrwerk einfahren*	*Störung nicht in Bordbuch eingetragen*	
13	**HAN**	**Bordbuch**	**dokumentieren**	**unterlassen**	**Belastung**
			Fehler aufzeichnen		*hoch während des Flugs*
	A/O	**Bordbuch**	**dokumentieren**		
	ERG	**Bordbuch**	**dokumentieren**	**falsch**	**Belastung**
			nicht durchgeführt		
15	**AUF**	**Bordbuch**	**eintragen**	**keine Probleme**	
			Eintrag der Störung		
	HAN	**Bordbuch**	**eintragen**	**unterlassen**	**Arbeitsbelastung**
			Eintrag der Störung	*nicht eingetragen*	*zu hohe Arbeitsbelastung während des weiteren Fluges*
	ERG	**Bordbuch**	**eintragen**	**unterlassen**	**Arbeitsbelastung**
			Störungsbestand eintragen	*nicht eingetragen*	*zu hoch*
16	**AUF**	**Bordbuch**	**eintragen**		
	HAN	**Bordbuch**	**eintragen**	**unterlassen**	**Arbeitsbelastung**
	A/O	**Bordbuch**	**Ist-Zustand**	**fehlerhaft**	**Fehlverhalten**
			unvollständig		
17	**AUF**	**Störung**	**melden**		
			Vermerk im Bordbuch über Probleme mit dem Fahrwerk		
	HAN	**Störung**	**melden**	**unterlassen**	
			Vermerk im Bordbuch über Probleme mit dem Fahrwerk	*Eintrag ins Bordbuch wird aufgrund hoher Arbeitsbelastung vergessen*	
	A/O	**Störung**	**melden**	**unterlassen**	
			Vermerk im Bordbuch über Probleme mit dem Fahrwerk		
18	**HAN**	**Störung**	**vergessen**		
			eintragen		

	ERG	**Fahrwerk**	**Ist-Zustand**	**etwas unterlassen**	**Stress**
				notieren der Störung wurde vergessen	
19	**AUF**	**Bordbuch**	**eintragen**		
		Hier werden die Flüge und Vorkommnisse dokumentiert	*Dokumentation des Vorfalles*		
	HAN	**Bordbuch**	**eintragen**	**unterlassen**	**Arbeitsbelastung**
		Hier werden die Flüge und Vorkommnisse dokumentiert	*Dokumentation des Vorfalles*		*hohe*
	A/O	**Bordbuch**	**Ist-Zustand**		
		Hier werden die Flüge und Vorkommnisse dokumentiert	*kein Eintrag*		
	ERG	**Bordbuch**	**Ist-Zustand**		
		Hier werden die Flüge und Vorkommnisse dokumentiert	*kein Eintrag*		
20	**ERG**	**Flugzeug**	**Ist-Zustand**	**unterlassen**	
			FW fährt korrekt ein	*Eintrag ins Bordbuch*	
21	**ERG**	**Flug**	**Ist-Zustand**	**unterlassen**	**Arbeitsbelastung**
			wird störungsfrei fortgesetzt	*Eintragung der Störung ins Bordbuch*	
22	**AUF**	**Bordbuch**	**eintragen**		
			Störung im Bordbuch vermerken		
	HAN	**Bordbuch**	**eintragen**	**unterlassen**	**Arbeitsbelastung**
			Störung im Bordbuch vermerken		
	A/O	**Bordbuch**	**eintragen**		
			Störung im Bordbuch vermerken		
	ERG	**Bordbuch**	**eintragen**	**unterlassen**	**Arbeitsbelastung**
23	**AUF**	**Bericht**	**erstellen**	**unterlassen**	**Belastung**
		Eintragung in das Bordbuch			
	HAN	**Bericht**	**erstellen**	**unterlassen**	**Arbeitsbelastung**
		Eintragung in das Bordbuch			
	A/O	**Bericht**	**erstellen**	**unterlassen**	**Belastung**
		Eintragung in das Bordbuch			
	ERG	**Bericht**	**erstellen**	**unterlassen**	**Leistungsgrenze**
		Eintragung in das Bordbuch			
24	**ERG**	**Fahrwerk**	**Ist-Zustand**	**unterlassen**	**Leistungsgrenze**
			erfolgreich eingefahren	*Eintragung des Fehlers im Bordbuch*	*hohe Arbeitsbelastung der Besatzung*
25	**AUF**	**Fahrwerk**	**erstatten**		
	HAN	**Fahrwerk**	**erstatten**	**unterlassen**	**Arbeitsbelastung**
			Eintrag ins Bordbuch	*vergessen*	
	A/O	**Bordbuch**	**Ist-Zustand**		
			nicht vollständig		
	RM	**Bordbuch**	**visuell**		

	ERG	**Bordbuch**	**Ist-Zustand**		
			nicht vollständig		
26	**AUF**	**Vorfall**	**dokumentieren**	**keine Probleme**	
		Problematik mit dem Fahrwerk	*Eintrag ins Bordbuch*		
	HAN	**Vorfall**	**dokumentieren**	**unterlassen**	**hohe Arbeitsbelastung**
		Problematik mit dem Fahrwerk	*Eintrag ins Bordbuch*	*Vorfall wurde nicht dokumentiert*	
	ERG	**Vorfall**	**dokumentieren**	**falsch**	**Arbeitsbelastung**
		Problematik mit dem Fahrwerk	*Eintrag ins Bordbuch*	*Dokumentation des Vorfalls wurde unterlassen*	
27	**UMG**	**Arbeitsbedingungen**			
		hohe Arbeitsbelastung			
	AUF	**Bericht**	**melden**		
		Bordbuch	*Eintragen ins Bordbuch*		
	A/O	**Bericht**	**melden**		
		Bordbuch	*Eintragen ins Bordbuch*		
	ERG	**Bericht**	**Ist Zustand**	**unterlassen**	**hohe Arbeitsbelastung**
		Bordbuch	*unvollständig*		
28	**UMG**	**Arbeitsbedingungen**			
		hohe Arbeitsbelastung			
	AUF	**Bordbuch**	**eintragen**		
			Störung ins Bordbuch eintragen		
	HAN	**Bordbuch**	**eintragen**	**unterlassen**	**Arbeitsbelastung**
			Störung ins Bordbuch eintragen		
	A/O	**Bordbuch**	**eintragen**		
			Störung ins Bordbuch eintragen		
	ERG	**Bordbuch**	**Ist-Zustand**	**unterlassen**	
			Störung ist nicht ins Bordbuch eingetragen	*Störung nicht ins Bordbuch eingetragen*	
29	**AUF**	**Vorfall**	**eintragen**		
		Das aufgetretene Fahrwerksproblem	*im Bordbuch*		
	HAN	**Vorfall**	**eintragen**		
		Das aufgetretene Fahrwerksproblem	*im Bordbuch*		
	A/O	**Bordbuch**	**existieren**		
		des A320			
30	**ERG**	**Fahrwerk**	**Ist-Zustand**	**unterlassen**	
			Fahrwerk ordnungsgemäß eingefahren	*Vorfall im Bordbuch eintragen*	
31	**ERG**	**Fahrwerk**	**einfahren**	**vergessen**	**hohe Arbeitsbelastung**
			aus und wieder einfahren	*kein Eintrag ins Bordbuch*	

Tabelle I-2: Sätze, Begriffe und Beschreibungen beim ‚Abschalten des Autopiloten'

Info: „Aus Gewohnheit schaltet er (Kapitän) erst in einer Höhe von 100 Fuß über der Landebahn den Autopiloten aus, ..." (Ereignis ‚Seitenwind')					
Nr.	***MMS***	***Objekt***	***Handlung***	***Problem***	***Umstand***
0	**UMG**	**Klima/Wetter/Sicht**			
		Starker Seitenwind im Flughafenbereich			
	AUF	**Landevorgang**	**durchführen**		
	HAN	**Autopilot**	**deaktivieren**	**fehlerhaft**	**Gewohnheit**
			100 Fuß über der Landebahn, um Landung manuell durchzuführen	*relativ spät bei Seitenwind*	
1	**UMG**	**Klima/Wetter/Sicht**			
		Starker Seitenwind			
	AUF	**Landevorgang**	**durchführen**	**problematisch**	**Gewohnheit**
					Ausschalten des Autopiloten
	HAN	**Landevorgang**	**durchführen**	**problematisch**	**Gewohnheit**
2	**UMG**	**Klima/Wetter/Sicht**			
		Starker Seitenwind			
	AUF	**Flugzeug**	**landen**		
	HAN	**Autopilot**	**deaktivieren**	**falsch (unerwünscht)**	**Gewohnheit**
				zu spät	*aufgrund Berufserfahrung*
3	**UMG**	**Klima/Wetter/Sicht**			
		Starker Seitenwind			
	AUF	**Flugzeug**	**landen**		
	HAN	**Autopilot**	**deaktivieren**		
			100 ft über Landebahn		
4	**UMG**	**Klima/Wetter/Sicht**			
		Seitenwind, Dunkelheit			
	AUF	**Flugzeug**	**landen**		
	HAN	**Landevorgang**	**landen**	**fehlerhaft**	**Gewohnheit**
			bei 100 ft Autopilot deaktiviert, manuelle Landung	*Autopilot zu spät deaktiviert*	*Konditionierung, deshalb falsche Handlung*
6	**UMG**	**Klima/Wetter/Sicht**			
		Seitenwind, Nacht			
	AUF	**Anflug**	**fliegen**	**keine Probleme**	
	HAN	**Anflug**	**fliegen**	**fehlerhaft**	**Gewohnheit**
				Entscheidung A/P in 100 ft auszuschalten	
7	**UMG**	**Klima/Wetter/Sicht**			
		Windböe von rechts			
	AUF	**Autopilot**	**ausschalten**	**keine Probleme**	
	HAN	**Autopilot**	**ausschalten**	**kein Fehler**	**Erfahrung**
	A/O	**Automatik**	**ausschalten**	**kein Fehler**	
		Autopilot			

	RM	**Anzeige**	**visuell**	**kein Fehler**	
		Autopilot	*Autopilot aus*		
	ERG	**Anzeige**	**ausschalten**	**kein Fehler**	
8	**UMG**	**Klima/Wetter/Sicht**			
		nachts, starker Seitenwind			
	AUF	**Landevorgang**	**durchführen**		
	HAN	**Landevorgang**	**durchführen**	**problematisch**	**Gewohnheit**
				Autopilot wird spät abgestellt	
9	**UMG**	**Beleuchtung**			
		Nacht			
	UMG	**Klima/Wetter/Sicht**			
		starker Seitenwind			
	AUF	**Landevorgang**	**durchführen**		
	HAN	**Landevorgang**	**durchführen**	**problematisch**	**Gewohnheit**
				Ausschalten des Autopiloten in 100 ft	
	ERG	**Flugzustand**	**Ist-Zustand**	**problematisch**	**Störung, äußere**
		Lage des Flugzeugs in Bezug auf Landebahn	*Lage des Flugzeugs nicht korrekt*	*zu spätes Ausschalten des Autopiloten*	*Windböe*
10	**HAN**	**Autopilot**	**deaktivieren**	**problematisch**	**Gewohnheit**
				erst in 100 Fuß Höhe	
11	**AUF**	**Flugzeug**	**landen**		
	HAN	**Flugzeug**	**landen**	**fehlerhaft**	**Gewohnheit**
				Kapitän deaktiviert Autopilot zu spät	*Fliegender Pilot ist Kapitän, fliegt daher schon lange, es handelt sich wohl um eine ‚schlechte Angewohnheit' bei ihm, den Autopiloten erst 100 Fuß über der Landebahn auszuschalten*
	A/O	**Flugzeug**	**landen**	**Bedienfehler**	**Fehlverhalten**
				Autopilot wurde zu spät deaktiviert	*‚schlechte Angewohnheit' des Kapitäns*
	ERG	**Flugzeug**	**Ist-Zustand**	**falsch**	**Bedienfehler**
			kurz vor dem Aufsetzen in instabilem Zustand	*Flugzeug nicht mehr unversehrt landbar*	*Kapitän schaltet Autopilot zu spät aus*
	AUF	**Flugzustand**	**korrigieren**	**problematisch**	**Bedienfehler**
			Kapitän versucht das Flugzeug durch Steuereingaben wieder zu stabilisieren	*Das Flugzeug wurde genau in dem Moment, als der Autopilot deaktiviert wurde, von der Windböe erfasst, daher sehr kurze Reaktionszeit.*	*Kapitän deaktiviert den Autopiloten zu spät*
	HAN	**Flugzustand**	**korrigieren**	**nicht möglich**	**Sorgfalt**
		Flugzustand instabil	*Kapitän versucht das Flugzeug durch Steuereingaben wieder zu stabilisieren*	*da der instabile Zustand erst kurz vor Aufsetzen entstand*	*Kapitän hat den Autopiloten zu spät deaktiviert*

12	**HAN**	**Autopilot**	**deaktivieren**	**problematisch**	**Gewohnheit**
				Flughöhe gering	
13	**AUF**	**Landevorgang**	**durchführen**	**keine Probleme**	
			nach Deaktivieren des Autopiloten manuell ab 100 Fuß landen		
	HAN	**Landevorgang**	**durchführen**	**problematisch**	**Gewohnheit**
			nach Deaktivieren des Autopiloten manuell ab 100 Fuß landen	*durch heftige Böen in niedriger Höhe schwierig zu steuern.*	*falscher Zeitpunkt für Deaktivierung des Autopiloten gewählt*
14	**AUF**	**Flugzeug**	**landen**	**keine Probleme**	**Gewohnheit**
		B767	*Landung unter Seitenwindbedingungen*		*gewohnheitsmäßiges Arbeiten ohne Beachtung der aktuellen Umgebungseinflüsse (wie Seitenwind)*
	HAN	**Flugzeug**	**landen**	**fehlerhaft**	**Bewusstsein**
		B767	*Landung unter Seitenwindbedingungen*	*falscher Gebrauch des Autopiloten unter gegebenen Wetterbedingungen*	*PF war sich nicht über die Seitenwindbedingungen im Klaren; wäre er es gewesen, hätte der Autopilot früher ausgeschaltet werden müssen, um den Seitenwind selbst aktiv einschätzen zu können.*
15	**AUF**	**Landevorgang**	**durchführen**	**keine Probleme**	
	HAN	**Autopilot**	**deaktivieren**	**kein Fehler**	
16	**AUF**	**Flugzeug**	**landen**		
	HAN	**Autopilot**	**ausschalten**		
17	**AUF**	**Flugzeug**	**landen**		
	HAN	**Autopilot**	**deaktivieren**	**fehlerhaft**	**Gewohnheit**
				Autopilot wird zu spät deaktiviert	
18	**AUF**	**Flugzustand**	**landen**		
	HAN	**Flugzustand**	**landen**	**problematisch**	**Gewohnheit**
		Landeanflug		*spätes Abschalten des Autopiloten trotz kritischen Wetters*	
19	**AUF**	**Landevorgang**	**durchführen**		
	HAN	**Autopilot**	**deaktivieren**	**problematisch**	**Gewohnheit**
		steuert Flugzeug selbständig	*Pilot übernimmt die Flugzeugsteuerung*	*im Moment der Deaktivierung wird das Flugzeug von einer Windböe erfasst*	
	A/O	**Flugzeug**	**Ist-Zustand**	**falsch**	**Wetterverhältnisse**
			giert nach rechts und driftet nach links > ist in einer unstabilen (gefährlichen) Lage, da nur 100 Fuß über Boden		

		Flugzeug	**Ist-Zustand**		
	ERG		*giert nach rechts und driftet nach links > ist in einer unstabilen (gefährlichen) Lage, da nur 100 Fuß über Boden*		
21	**AUF**	**Flugzeug**	**landen**		
			manuell		
	HAN	**Autopilot**	**deaktivieren**		
			Aus Gewohnheit in 100 ft AGL		
22	**AUF**	**Flugzeug**	**landen**		
	HAN	**Autopilot**	**ausschalten**	**fehlerhaft**	**Gewohnheit**
		in 100 Fuß			*Wetterbericht nicht beachtet*
24	**AUF**	**Landevorgang**	**durchführen**		
	HAN	**Autopilot**	**deaktivieren**	**falsch (unerwünscht)**	**Gewohnheit**
					ab 100 ft erst Autopilot ausschalten
	A/O	**Landevorgang**	**durchführen**	**falsch**	**Leistungsfähigkeit**
					durch ausgeschalteten Autopilot Leistungsfähigkeit des Systems eingeschränkt
	A/O	**Flugzeug**	**versagt Funktion**	**wirkungslos**	
		Flugzeug wegen Windböe außer Kontrolle geraten	*Die Wirkung der Steuerorgane ist verzögert*	*100 ft Höhenreserve bis zum Aufsetzen waren zu wenig*	
25	**AUF**	**Flugzeug**	**deaktivieren**		
			Autopilot		
	HAN	**Navigationseinrichtung**	**deaktivieren**		
			Autopilot		
26	**AUF**	**Autopilot**	**deaktivieren**	**keine Probleme**	
	HAN	**Autopilot**	**deaktivieren**	**problematisch**	**Erfahrung**
				späte Entscheidung zur Handlung	*viele Flugstunden verleiten dazu, Dinge aus lauter Gewohnheit zu tun*
	A/O	**Autopilot**	**deaktivieren**		
	ERG	**Autopilot**	**deaktivieren**	**teilweise falsch**	**späte Entscheidung**
27	**AUF**	**Flugzeug**	**landen**		
	HAN	**Autopilot**	**ausschalten**		
	A/O	**Flugzeug**	**landen**		
			durch Abschalten des Autopiloten		
	ERG	**Flugzustand**	**Ist-Zustand**	**unterlassen**	**Umwelt**
			giert nach rechts, driftet nach links	*zu spätes Ausschalten des Autopiloten*	*starker Seitenwind*
28	**AUF**	**Flugzeug**	**landen**		
	HAN	**Autopilot**	**deaktivieren**		
			aus Gewohnheit 100 Fuß über der Landebahn		

29	**AUF**	**Flugzeug**	**landen**		
	HAN	**Flugzeug**	**ausschalten**	**problematisch**	**Wetterverhältnisse**
			Autopilot wird in 100 Fuß Höhe deaktiviert		*Windböe*
30	**AUF**	**Flugzeug**	**landen**		
		B767			
	HAN	**Automatik**	**deaktivieren**		
		Autopilot			
31	**HAN**	**Bedienelement**	**Deaktivieren des Autopiloten**	**gieren und driften**	**Wetter**
				Flugzeug giert nach rechts und driftet nach links	*starke Windböe*
32	**AUF**	**Flugzeug**	**landen**		
	HAN	**Flugzeug**	**landen**	**falsch (unerwünscht)**	**Gewohnheit**
				zu spätes Ausschalten des Autopiloten	

Tabelle I-3: Sätze, Begriffe und Beschreibungen bei der ‚verzögerten Evakuierung'

Info: „Die Evakuierung durch die Flugbegleiter wird verzögert, weil der Kapitän wegen Schäden an der Bordsprechanlage der Evakuierungsbefehl nicht sofort durchgeben kann." (Ereignis ‚Seitenwind')					
Nr.	***MMS***	***Objekt***	***Handlung***	***Problem***	***Umstand***
0	**AUF**	**Notfallprozedur**	**durchführen**	**teilweise falsch**	**Schaden**
		Evakuierung		*verzögert*	*Bordsprechanlage beschädigt*
	I/E	**Kapitän**	**Befehl zur Evakuierung**	**teilweise falsch**	**Beschädigung**
				verzögert	*Bordsprechanlage beschädigt*
	HAN	**Notfallprozedur**	**durchführen**	**fehlerhaft**	**Schaden**
		Evakuierung			*an Bordsprechanlage*
	A/O	**Notfallprozedur**	**durchführen**	**fehlerhaft**	**Kommunikation**
		Evakuierung		*zwölf Passagiere verletzt*	
1	**AUF**	**Passagiere**	**evakuieren**	**problematisch**	**Kommunikation**
	HAN	**Passagiere**	**evakuieren**	**problematisch**	**Kommunikation**
2	**AUF**	**Flugzeug**	**durchführen**	**keine Probleme**	
		vom Kurs abgekommen	*Evakuierung*		
	I/E	**Fliegender Pilot**	**akustisch**	**problematisch**	
				Schäden an der Bordsprechanlage	
	HAN	**Flugzeug**	**durchführen**		
		aufgesetzt und gerutscht	*Evakuierung*		
	A/O	**Flugzeug**	**durchführen**	**problematisch**	**Fehlverhalten**
		aufgesetzt und gerutscht	*Evakuierung*		*Panik an Bord*
	RM	**Flugzeug**	**akustisch**		
		aufgesetzt und gerutscht	*starke Signale*		
	ERG	**Passagiere**	**Ist-Zustand**	**falsch**	
		12 Insassen	*verletzt*		
3	**AUF**	**Passagiere/Crew**	**evakuieren**	**problematisch**	**Dunkelheit/Lage des Flugzeuges**
				durch defekte Bordsprechanlage verspäteter Evakuierungsbefehl	*dadurch bereits leicht aufkommende Panik*
	HAN	**Passagiere/Crew**	**evakuieren**		
	A/O	**Passagiere/Crew**	**evakuieren**	**problematisch**	**Dunkelheit**
				aufkommende Panik	
	ERG	**Passagiere/Crew**	**evakuieren**	**problematisch**	
				durch Panik, Verletzung von 12 Passagieren	
5	**AUF**	**Kommunikationsmittel**	**kommunizieren**		
		Durchsagen zur kontrollierten Evakuierung	*Durchsagen im Bordsprechfunk*		
	I/E	**Umwelt**	**mitteilen**		
		LFZ in Schräglage auf der Landebahn ohne Manövrierfähigkeit	*schnellstmögliches, geordnetes Verlassen des LFZ*		
	I/E	**Passagiere**	**mitteilen**	**falsch**	
		Keine sofortige akustische Verlautbarungen	*schnellstmögliches, geordnetes Verlassen des LFZ*	*Aufgrund von Schäden im Bordsystem zuerst keine Durchsage möglich*	

	HAN	**Passagiere**	**kommunizieren**	**falsch (unerwünscht)**	
		Aufforderung zur kontrollierten Evakuierung	*Durchsagen im Bordsprechfunk erst nach gewisser Zeit möglich*	*keine Durchsagen an die Passagiere möglich*	
	A/O	**Kommunikationsmittel**	**kommunizieren**	**fehlerhaft**	
		Durchsagen zur kontrollierten Evakuierung	*Durchsagen im Bordsprechfunk erst nach gewisser Zeit möglich*	*nach Störbehebung Durchsagen an die Passagiere möglich*	
	ERG	**Passagiere**	**Ist-Zustand**		
		Geordnetes, sicheres und schnelles Verlassen des LFZ	*unkontrolliertes und panisches Reagieren der Passagiere – zwölf Verletzte als Folge*		
6	**UMG**	**Arbeitsatmosphäre**			
		Notsituation			
	AUF	**Anweisung**	**entscheiden**	**unterlassen**	**Vorschrift**
				Erfassung der Momentansituation	*Nicht eigenmächtig evakuieren*
	AUF	**Anweisung**	**entscheiden**	**unterlassen**	**Technischer Defekt**
				Erfassung der Momentansituation	*Bordsprechanlage kaputt*
7	**AUF**	**Passagiere**	**evakuieren**	**nicht möglich**	**Technischer Defekt**
				Konnte nicht sofort übermittelt werden	*Bordsprechanlage durch Unfall beschädigt*
	I/E	**Kapitän**	**Sprechfunk**	**anfangs nicht möglich**	**Technischer Defekt**
		Evakuierungsbefehl		*Befehl konnte nicht sofort gegeben werden*	*Bordsprechanlage durch Unfall beschädigt*
	HAN	**Passagiere**	**evakuieren**	**fehlerhaft**	**Panik**
				Passagiere wurden verletzt	*Panik entsteht durch nicht sofort gegebenen Evakuierungsbefehl*
	A/O	**Passagiere**	**evakuieren**	**undiszipliniert**	**Panik**
				Passagiere verletzten sich gegenseitig	
	ERG	**Passagiere**	**evakuieren**	**problematisch**	**Panik**
				Passagiere wurden verletzt	
8	**AUF**	**Notfallprozedur**	**kommunizieren**	**keine Probleme**	
		Passagiere evakuieren	*über Interkom an die Flugbegleiter in der Kabine*		
	HAN	**Notfallprozedur**	**kommunizieren**	**fehlerhaft**	**Technische Störung**
		Passagiere evakuieren	*über Interkom an die Flugbegleiter in der Kabine*		*Interkom nicht funktionsfähig*
	A/O	**Personal**	**durchführen**	**unterlassen**	**Defekt**
		Flugbegleiter	*evakuieren*	*Befehl kommt nicht an*	*Interkom*
	ERG	**Passagiere**	**Ist-Zustand**	**falsch**	
		Panik bricht aus	*12 Verletzte*	*Evakuierung erfolgt spät*	
9	**AUF**	**Störungsmanagement**	**durchführen**		
			Evakuierung des Flugzeuges		
	I/E	**Kapitän**	**mündlich**	**problematisch**	**Technischer Defekt**
		Evakuierungsbefehl über Bordsprechanlage	*nicht sofort möglich*	*nicht sofort möglich*	*Schäden an der Bordsprechanlage*
	I/A	**Passagiere**	**mündlich**	**teilweise falsch**	**Störung, innere**
		Passagiere des Flugzeugs	*Anweisung zur Evakuierung*	*Anweisungen kommen zu spät*	*Evakuierungsbefehl erreicht die Flugbegleiter zu spät*

	HAN	**Störungsmanagement**	**durchführen**	**nicht möglich**	**Kommunikation**
			Evakuierung des Flugzeuges	*Verzögerung bei der Evakuierung*	
	A/O	**Störungsmanagement**	**durchführen**		
			Evakuierung des Flugzeuges		
	ERG	**Störungsmanagement**	**durchführen**	**teilweise falsch**	**Störung, innere**
			Evakuierung des Flugzeuges	*Evakuierung findet zu spät statt*	
	AUF	**Flugzeug**	**verlassen**		
	I/E	**Flugbegleiter**	**mündlich**	**teilweise falsch**	**technischer Defekt**
			Anweisung zum Verlassen des Flugzeuges	*Anweisungen kommen zu spät*	*Schaden an der Bordsprechanlage*
	HAN	**Flugzeug**	**verlassen**	**falsch (unerwünscht)**	**Psychische Verfassung**
				Ausbrechen von Panik	*Passagiere überfordert mit der Situation*
		Flugzeug	**verlassen**	**falsch**	**Situation**
				12 verletzte Passagiere	*Panik an Bord des Flugzeuges*
10	**UMG**	**Physikalisch**			
		Schäden an der Bordsprechanlage			
	AUF	**Passagiere**	**evakuieren**	**nicht möglich**	**Schaden**
		aus dem Flugzeug	*Evakuierungsbefehl verzögert weitergegeben*		*defekte Bordsprechanlage*
	I/E	**Kapitän**	**Befehl**	**problematisch**	**Technischer Defekt**
			Evakuierung	*verzögert*	*Bordsprechanlage*
	HAN	**Passagiere**	**Ist-Zustand**	**unerwünscht**	**Störung, äußere**
		aus dem Flugzeug	*Panik*	*Erschwerung der Evakuierung*	
	RM	**Passagiere**	**Ist-Zustand**		
		aus dem Flugzeug	*Panik*		
	ERG	**Passagiere**	**Ist-Zustand**		
		12 Personen	*verletzt*		
11	**UMG**	**Arbeitsbedingungen**			
		Flugzeug bei der Landung beschädigt			
	AUF	**Passagiere**	**evakuieren**	**problematisch**	**Schaden**
				Kapitän konnte Evakuierungsbefehl nicht durchgegeben	*Schaden an der Bordsprechanlage*
	I/E	**Kapitän**	**Befehl**	**problematisch**	**Beschädigung**
			Evakuierungsbefehl	*Bordsprechanlage defekt*	*bei unsanfter Landung beschädigt*
	I/A	**Passagiere**	**mitteilen**		
		vermutlich verängstigt	*Evakuierungsbefehl*		
	HAN	**Passagiere**	**evakuieren**	**fehlerhaft**	**Schaden**
				da zu spät	*an der Bordsprechanlage*
	A/O	**Passagiere**	**evakuieren**	**problematisch**	*Umgebung*
		vermutlich verängstigt		*vermutlich verängstigt*	*vermutlich durch Beinaheunglück verängstigt*
	RM	**Passagiere**	**evakuieren**		
		vermutlich verängstigt	*Panik bricht aus*		
	ERG	**Passagiere**	**evakuieren**	**problematisch**	**Situation**
		vermutlich verängstigt		*Panik unter den Passagieren*	*vermutlich verängstigt*

12	AUF	**Flugzeug**	**evakuieren**	**teilweise falsch**	**Störung, innere**
				Evakuierungsbefehl erreicht Cabin Crew verzögert	*Bordsprechanlage*
	I/E	**Fliegender Pilot**	**Befehl**	**teilweise falsch**	**Störung, innere**
			Evakuierung	*verzögert*	*Bordsprechanlage*
	HAN	**Flugzeug**	**evakuieren**	**fehlerhaft**	**Information**
				verzögert	*Evakuierungsbefehl trifft verzögert ein*
	A/O	**Flugzeug**	**evakuieren**		
	ERG	**Flugzeug**	**evakuieren**	**teilweise falsch**	**Störung, innere**
				mit Verzögerung evakuiert	*Bordsprechanlage*
		Flugzeug	**evakuieren**	**teilweise falsch**	**Störung, innere**
				Evakuierung verzögert: es entsteht Panik: 12 Verletzte	
13	AUF	**Kommunikationsmittel**	**kommunizieren**		
			Flugbegleiter Evakuierungsbefehl geben		
	HAN	**Kommunikationsmittel**	**kommunizieren**	**fehlerhaft**	**Schaden**
			Flugbegleiter Evakuierungsbefehl geben	*zu spät*	
	A/O	**Kommunikationsmittel**	**kommunizieren**	**fehlerhaft**	**Defekt**
		Bordsprechanlage	*Flugbegleiter Evakuierungsbefehl geben*	*nicht betriebsbereit*	
	RM	**Zustand**	**anderweitig**	**widersprüchlich**	
		Bordsprechanlage beschädigt		*eventuell Beschädigung nicht sofort erkennbar*	
	ERG	**Passagiere**	**verletzt**	**falsch**	**Situation**
			12 Passagiere		*Panik*
14	ERG	**Störungsmanagement**	**Ist-Zustand**	**falsch**	**Fehlfunktion**
		B767	*Bruchlandung mit 12 Verletzten und beschädigtem Flugzeug*	*keine sichere Landung*	*Fehlfunktion in der Bordsprechanlage*
15	AUF	**Passagiere**	**evakuieren**	**keine Probleme**	
	HAN	**Passagiere**	**evakuieren**	**keine Probleme**	**Technische Störung**
					Bordsprechanlage beschädigt
	ERG	**Passagiere**	**Ist-Zustand**	**teilweise falsch**	**Störung, innere**
			12 Verletzte		
	AUF	**Passagiere**	**verlassen**	**teilweise falsch**	**Technischer Defekt**
				keine Anweisung seitens der Flugbegleiter	
	I/E	**Flugbegleiter**	**mündlich**	**problematisch**	**Technischer Defekt**
			Verlassen des Flugzeugs		
	HAN	**Passagiere**	**verlassen**	**fehlerhaft**	**Angst**
					Panik
	ERG	**Passagiere**	**verlassen**	**teilweise falsch**	**Panik**
					12 Verletzte
16	AUF	**Flugzeug**	**evakuieren**		
	HAN	**Crew**	**anweisen**		
	A/O	**Kommunikationsmittel**	**versagt**	**falsch**	**Defekt**

	ERG	**Passagiere**	**verletzt**	**falsch**	**Technik**
		in Panik			*defekt*
17	**AUF**	**Passagiere**	**anweisen**	**keine Probleme**	
			Passagiere sollen evakuiert werden		
	I/E	**Kapitän**	**mitgeteilt**	**nicht möglich**	**Beschädigung**
			Evakuierung der Passagiere	*wegen Probleme mit der Bordsprechanlage nur verzögert möglich*	*Beschädigung der Bordsprechanlage*
	I/A	**Passagiere**	**mitgeteilt**	**teilweise falsch**	**Störung, innere: defekte Bordsprechanlage**
		Passagiere des Flugzeuges	*Evakuierung der Passagiere*	*zu späte Information und daher zu späte Evakuierung*	*defekte Bordsprechanlage*
	HAN	**Passagiere**	**anweisen**	**fehlerhaft**	**Schaden**
			Passagiere sollen evakuiert werden	*Evakuierung erfolgt zu spät*	*an der Bordsprechanlage*
	A/O	**Passagiere**	**anweisen**	**fehlerhaft**	**Defekt**
			Passagiere sollen evakuiert werden	*zu späte Evakuierung*	
	ERG	**Passagiere**	**anweisen**	**teilweise falsch**	**Störung, innere**
			Passagiere sind evakuiert	*durch verspätete Evakuierung Panik unter den Passagieren und deshalb Verletzte*	*der Bordsprechanlage*
18	**HAN**	**Kommunikationsmittel**	**kommunizieren**	**nicht möglich**	**Schaden**
				Schaden am Fluggerät	
	ERG	**Kommunikationsmittel**	**Ist-Zustand**	**nicht möglich**	**Umwelt**
			kein Evakuierungsbefehl gegeben		
	HAN	**Passagiere**	**planen**	**unterlassen**	**Störung, innere**
		Evakuieren			*defekte Bordsprechanlage*
	ERG	**Passagiere**	**Ist-Zustand**	**nicht möglich**	**Technik**
			Panik mit zwölf Verletzten	*Evakuierung nicht möglich, da kein Befehl dafür*	
19	**AUF**	**Passagiere**	**evakuieren**	**problematisch**	**Technischer Defekt**
		Fluggäste an Bord	*durch Flugbegleiter*	*Evakuierungsbefehl konnte nicht sofort durchgegeben werden*	
	HAN	**Passagiere**	**evakuieren**	**fehlerhaft**	**Technische Störung**
		Fluggäste an Bord	*durch Flugbegleiter*	*verspätet*	*Schäden an der Bordsprechanlage*
	A/O	**Passagiere**	**Ruhe bewahren**	**falsch**	**Angst**
		Fluggäste an Bord		*Passagiere geraten in Panik*	*Passagiere haben Angst nicht rechtzeitig aus dem Flugzeug zu kommen*
	RM	**Passagiere**	*akustisch & visuell*		
		Fluggäste an Bord	*Passagiere geraten in Panik*		
	ERG	**Passagiere**	**Ist-Zustand**		
		Fluggäste an Bord	*12 Passagiere werden verletzt*		
20	**AUF**	**Landevorgang**	**durchführen**	**nicht möglich**	**Störung, äußere**
			Evakuierung	*Kommunikation mit fliegendem Piloten*	*Bordsprechanlage defekt*

	I/A	**Passagiere**	**später Befehl zur Evakuation**		
	HAN	**Evakuation**	**unterlassen**	**falsch (unerwünscht)**	**Verfügbarkeit**
				keine eigenständige Entscheidung des Kabinenchefs zur Evakuation	*fehlende Information des Piloten zu Zustand des Flugzeuges und Evakuationsanweisungen (Seite/Ausgänge)*
	ERG	**Passagiere**	**Ist-Zustand**	**falsch**	**Situation**
			Panik, Passagiere werden verletzt	*Verzögerung durch Crew*	*Ungewissheit über Zustand des Flugzeuges und fehlende Souveränität / Autorität der Crew (gibt Gefühl der Sicherheit)*
21	**AUF**	**Flugzeug**	**evakuieren**	**teilweise falsch**	**Technischer Defekt**
		beschädigt, Bugfahrwerk eingeknickt, liegt auf der Bahn		*Verzögerung*	*Defekt an der Bord-sprechanlage*
	I/E	**Kapitän**	**Sprechfunk**	**teilweise falsch**	**Technischer Defekt**
			Anweisung zur Evakuie-rung	*Anweisung verzögert*	*Bordsprechanlage beschädigt*
	HAN	**Flugzeug**	**evakuieren**	**unterlassen**	
		beschädigt, Bugfahrwerk eingeknickt, liegt auf der Bahn			
	A/O	**Passagiere**	**Soll-Zustand**	**falsch**	**Fehlverhalten**
			ruhig und gelassen auf Evakuierung warten	*Panik bricht aus*	
	ERG	**Passagiere**	**Ist-Zustand**	**falsch**	**Fehlverhalten**
				Panik aufgetreten, zwölf Passagiere werden verletzt	
22	**AUF**	**Passagiere**	**evakuieren**	**teilweise falsch**	**Technischer Defekt**
				Evakuierungsbefehl zu spät	*Bordsprechanlage*
	I/E	**Kapitän**	**akustisch**	**teilweise falsch**	**Technischer Defekt**
			Evakuierungsbefehl	*zu spät*	
	HAN	**Passagiere**	**evakuieren**	**fehlerhaft**	**Technische Störung**
				zu spät	*Bordsprechanlage*
	A/O	**Passagiere**	**evakuieren**		
	RM	**Passagiere**	**akustisch & visuell**		
			Panik		
	ERG	**Passagiere**	**Ist-Zustand**	**falsch**	**Situation**
			zwölf Passagiere werden verletzt		
23	**AUF**	**Passagiere**	**evakuieren**	**nicht möglich**	**Kommunikation**
	HAN	**Passagiere**	**evakuieren**	**fehlerhaft**	**Kommunikation**
				Es werden zwölf Passagiere verletzt	
	HAN	**Passagiere**	**evakuieren**	**fehlerhaft**	**Organisation**
				Es werden zwölf Passagiere verletzt	
	A/O	**Passagiere**	**evakuieren**		

	ERG	**Passagiere**	**evakuieren**	**teilweise falsch**	**Fehlfunktion**
				Evakuierung hat zwar stattgefunden, jedoch wurden dabei zwölf Passagiere verletzt	
24	**AUF**	**Flugzeug**	**evakuieren**		
	HAN	**Passagiere**	**vermutlich untätig**	**falsch (unerwünscht)**	**Zeitdruck**
		sollen sicher evakuiert werden			*Flugzeug kaputt – allgemeine Aufregung*
	A/O	**Passagiere**	**Ist-Zustand**	**falsch**	**Fehlverhalten**
					mancher Passagiere
	RM	**Passagiere**	**anderweitig**	**falsch**	**Gefahr**
					Panik entsteht
	ERG	**Passagiere**	**Ist-Zustand**		
			12 Verletzte		
25	**AUF**	**Notfallprozedur**	**evakuieren**		
	I/E	**Kapitän**	**mitteilen**		
			Notfallprozedur		
	HAN	**Passagiere**	**evakuieren**		
	A/O	**Passagiere**	**Ist-Zustand**	**irrational**	**Umgebung**
			verängstigt		
	RM	**Passagiere**	**anderweitig**		
			verängstigt		
	ERG	**Passagiere**	**Ist-Zustand**	**teilweise falsch**	**Einwirkung**
			verängstigt	*Passagiere verletzt*	*Panik*
26	**AUF**	**Flugzeug**	**unbeschadet verlassen**	**keine Probleme**	
	I/E	**Flugbegleiter, Crew**	**handelnd**	**kein Fehler**	
			panische Reaktionen		
	I/A	**System**	**physikalisch**	**kein Fehler**	
		Flugzeug	*massive Beschädigungen*		
	HAN	**Notfallprozedur**	**panische Reaktionen**	**falsch (unerwünscht)**	**Angst**
	A/O	**Flugzeug**	**unbeschadet verlassen**	**fehlerhaft**	**Crash**
				Flugzeug beschädigt	
	ERG	**Flugzeug**	**unbeschadet verlassen**	**falsch**	**Panik**
				12 verletzte Passagiere	
27	**UMG**	**Physikalisch**			
		hartes Aufsetzen			
	I/E	**Kapitän**	**akustisch**	**problematisch**	**Technischer Defekt**
			Evakuierungsbefehl	*Verzögerung*	*Schaden an der Bord-sprechanlage*
	HAN	**Passagiere**	**anweisen**		
			Anweisung zur Evakuierung		
	A/O	**Passagiere**	**reagieren**		
			reagieren panisch		
	ERG	**Passagiere**	**Ist-Zustand**		
		12 Passagiere	*werden verletzt*		
28	**UMG**	**Physikalisch**			
		Defekte Bordsprechanlage			
	AUF	**Notfallprozedur**	**kommunizieren**		
			Evakuierungsbefehl durchgeben		

	I/A	**Flugbegleiter**	**akustisch**	**nicht möglich**	**Störung, äußere**
			Evakuierungsbefehl		*Bordsprechanlage defekt*
	HAN	**Notfallprozedur**	**anweisen**	**nicht möglich**	**Schaden**
		über Bordsprechanlage	*Evakuierungsbefehl durchgeben*		*Bordsprechanlage defekt*
	A/O	**Bordsprechanlage**	**kommunizieren**	**nicht verfügbar**	**Defekt**
			Evakuierungsbefehl durchgeben		
	ERG	**Notfallprozedur**	**kommunizieren**	**teilweise nicht möglich**	**Technik**
			Evakuierungsbefehl durchgeben		*Defekt*
	AUF	**Notfallprozedur**		**nicht möglich**	**Technischer Defekt**
		Evakuierung			
	HAN	**Notfallprozedur**	**durchführen**	**problematisch**	**Technische Störung**
		Evakuierung		*verzögert*	
	A/O	**Notfallprozedur**	**Vorgang**		
		Evakuierung			
	ERG	**Passagiere**	**Ist-Zustand**	**falsch**	
			Panik, 12 Verletzte		
29	**AUF**	**Passagiere**	**evakuieren**	**teilweise falsch**	**Technischer Defekt**
				Verzögerung der Evakuierung	*Probleme mit der Bordsprechanlage*
	I/E	**Kapitän**	**mitteilen**	**problematisch**	**Technischer Defekt**
			über Bordsprechanlage, Befehl zur Evakuierung		*Schäden an der Anlage*
	HAN	**Passagiere**	**evakuieren**	**fehlerhaft**	**Technische Störung**
				Verzögerung	*Bordsprechanlage*
	A/O	**Passagiere**	**evakuieren**	**problematisch**	**Verhalten**
				12 Verletzte	*Panik*
	ERG	**Passagiere**	**evakuieren**	**teilweise falsch**	**Verhalten**
				12 Verletzte	*Panik*
30	**AUF**	**Flugzeug**	**evakuieren**		
		B767			
	HAN	**Flugzeug**	**evakuieren**	**unterlassen**	**Technische Störung**
		B767		*Evakuierung unterbleibt vorerst*	*Bordsprechanlage*
	A/O	**Flugzeug**	**evakuieren**		
		B767			
	ERG	**Passagiere**	**Ist-Zustand**		
			Passagiere geraten in Panik, 12 werden verletzt		
31	**ERG**	**Flugzeug**	**Panik**	**Versagen**	**Landung**
			12 Verletzte	*Versagen der Bord-sprechanlage*	*Flugzeug rutscht auf der Nase*
32	**AUF**	**Flugzeug**	**evakuieren**		
	HAN	**Flugzeug**	**evakuieren**	**fehlerhaft**	**Technik**
				Verzögerung der Evakuierung	*Beschädigung der Bordsprechanlage*
	ERG	**Flugzeug**	**evakuieren**	**falsch**	
				Panik und in der Folge zwölf verletzt Passagiere	

J. Beispielhafte Auswertung eines hypothetischen Versuchs mit der Chi²-Methode, zur Veranschaulichung der Vorgehensweise bei der Analyse der Häufigkeitsverteilung der Zuordnung

In einem hypothetischen Versuch sollen 30 Versuchspersonen fünf Informationen (A-E) vier verschiedenen Kategorien zuordnen, wobei Mehrfachnennungen möglich sind. Bei diesem Versuch wird die in Tabelle J-1 dargestellte Verteilung (dick umrandet) beobachtet. Die Zahlen geben an, wie viele Versuchspersonen die jeweilige Information einer bestimmten Komponente zugeordnet haben. Die Verteilung soll nun mit Hilfe der Chi²-Methode gegen einen ungünstigen und einen günstigen Erwartungswert getestet werden. Der ungünstige Erwartungswert stellt eine durch zufällige Zuordnung entstandene eingeschränkte Gleichverteilung dar. Als günstige Erwartung wird dagegen eine Expertenlösung herangezogen. Bei der Berechnung der eingeschränkten Gleichverteilung werden die Zeilensummen ermittelt, durch die Anzahl der besetzten Felder geteilt und so zeilenweise der Gleichverteilungswert ermittelt, siehe Tabelle J-1. Ebenso entspricht die für den Chi²-Test benötigte Zahl der Freiheitsgrade, bei der eingeschränkten Gleichverteilung, der um eins reduzierten Anzahl der belegten Felder. Die Freiheitsgrade werden sowohl für die Zeilen als auch für die Spalten ermittelt, da bei dem Chi²-Test beide ausgewertet werden. Bei dem Test gegen die eingeschränkte Gleichverteilung werden jedoch nur die belegten Zellen berücksichtigt.

Kategorie	**1**	**2**	**3**	**4**	*Zeilensumme*	*Anzahl besetzter Felder* n_F	*Gleichverteilungswert* $= \frac{Zeilensumme}{Anzahl\ n_F}$	*Freiheitsgrade* $df = n_F - 1$
Information A	6	27	3	0	*36*	*3*	*12*	*2*
Information B	0	9	27	25	*61*	*3*	*20,33*	*2*
Information C	3	26	24	28	*81*	*4*	*20,25*	*3*
Information D	28	18	21	27	*94*	*4*	*23,5*	*3*
Information E	27	18	0	0	*45*	*2*	*22,5*	*1*
Freiheitsgrade $df = n_F - 1$	3	4	3	2				

Tabelle J-1: Verteilung eines beispielhaften Zuordnungsversuchs mit zeilenweiser Berechnung der Gleichverteilungswerte (kursiv dargestellt)

In der Expertenlösung erhalten die für die Information zutreffenden Kategorien den Wert 30, die nicht zutreffenden Kategorien werden auf Null gesetzt. Dieser günstigste Erwartungswert stellt keine richtige Lösung im Sinne von ‚absoluter Wahrheit' dar, sondern entspricht lediglich einer fundierten Einschätzung auf Basis des vertieften Wissens und der Erfahrung von Experten, die mit der Erfassungsmethode vertraut sind. Bei dem Test gegen die Expertenverteilung werden jeweils die gesamten Zeilen und Spalten berücksichtigt. In diesem Fall beträgt der Freiheitsgrad der Zeilen $df_Z = 3$, der der Spalten $df_S = 4$. Die beiden erwarteten Verteilungen sind in Tabelle J-2 dargestellt.

Eingeschränkte Gleichverteilung innerhalb der Zeilen = ungünstiger Erwartungswert	**Kategorie 1**	**Kategorie 2**	**Kategorie 3**	**Kategorie 4**
Information A	*12*	*12*	*12*	0
Information B	0	*20,33*	*20,33*	*20,33*
Information C	*20,25*	*20,25*	*20,25*	*20,25*
Information D	*23,5*	*23,5*	*23,5*	*23,5*
Information E	*22,5*	*22,5*	*0*	*0*

Expertenlösung = günstiger Erwartungswert	**Kategorie 1**	**Kategorie 2**	**Kategorie 3**	**Kategorie 4**
Information A	0	30	0	0
Information B	0	0	30	30
Information C	0	30	30	30
Information D	30	30	30	30
Information E	30	30	0	0

Tabelle J-2: Ungünstige und günstige Erwartungswerte für den Chi²-Test

Anschließend wird die beobachtete Verteilung mit der Chi²-Methode gegen die beiden Erwartungswerte getestet. Die Testergebnisse sind in Tabelle J-3 zusammengefasst.

Kategorien	**1**	**2**	**3**	**4**	*Fehlerwahrscheinlichkeit bei* einem Chi²-Test gegen ungünstige Erwartung	*Fehlerwahrscheinlichkeit bei* Chi²-Test gegen günstige Erwartung
Information A	6	27	3	0	*0,000*	*0,960*
Information B	0	9	27	25	*0,008*	*0,769*
Information C	3	26	24	28	*0,000*	*0,601*
Information D	28	18	21	27	*0,402*	*0,047*
Information E	27	18	0	0	*0,180*	*0,165*
Fehlerwahrscheinlichkeit bei χ^2-Test gegen ungünstige Erwartung	*0,000*	*0,000*	*0.019*	*0,102*	*(Gesamt: 0,000)*	
Fehlerwahrscheinlichkeit bei χ^2-Test gegen günstige Erwartung	*0,980*	*0,034*	*0,380*	*0,867*		*(Gesamt: 0,176)*

Tabelle J-3: Chi²-Test für die beobachtete Verteilung

Mit dem Chi²-Test werden Aussagen darüber ermittelt, wie stark sich zwei Verteilungen unterscheiden oder anders formuliert, ob sie Stichproben derselben Grundgesamtheit darstellen. Je größer der Unterschied, desto kleiner wird die Wahrscheinlichkeit, dass die Annahme falsch ist, es handele sich bei den Verteilungen um Stichproben derselben Grundgesamtheit. Wird die beobachtete Verteilung gegen die Gleichverteilung getestet, so sollen sich im Hinblick auf die Effektivität der Methode möglichst kleine Fehlerwahrscheinlichkeiten ergeben, weil das Versuchsergebnis ja nicht zufällig zustande gekommen sein soll. Damit lautet die erste Alternativhypothese: Das Versuchsergebnis entspricht nicht der Gleichverteilung. Für die Bewertung der Fehlerwahrscheinlichkeit p existieren die folgenden allgemein üblichen Grenzwerte (ZÖFEL, 2001):

Fehlerwahrscheinlichkeit p:

- **kleiner 0,1 Prozent → höchst signifikant**
- **kleiner 1 Prozent → hoch signifikant**
- **kleiner 5 Prozent → signifikant**

- größer 5 Prozent und kleiner 25 Prozent → keine sichere Aussage möglich

- größer 25 Prozent → kein signifikanter Unterschied bei den Verteilungen.
Fehler 2. Ordnung aber auf zufrieden stellendem Niveau (< 5 Prozent*)*

Im hier durchgeführten Versuch wird die gängige Signifikanzgrenze bei einer Fehlerwahrscheinlichkeit 5 Prozent als akzeptabel angenommen.

Bei dem zweiten Test gegen die Expertenlösung verhält es sich dagegen umgekehrt. Hier soll die beobachtete Verteilung der Musterlösung ja möglichst ähnlich sein, also nur geringe statistische Unterschiede aufweisen. Die Irrtumswahrscheinlichkeit, dass es sich um verschiedene Verteilungen handelt, soll also möglichst große Werte annehmen. Damit lautet die Alternativhypothese für den zweiten Chi²-Test: Beobachtete Verteilung und Expertenlösung sind voneinander unabhängig (Hypothese 2), gegenüber der Nullhypothese, dass die beiden Verteilungen gleich sind. Für ein positives Versuchsergebnis sollte der β -Fehler (falsche Nullhypothese wird beibehalten) möglichst gering sein. Da der β-Fehler hier nicht bestimmt werden kann, wird angenommen, dass die Wahrscheinlichkeit einem β-Fehler zu erliegen desto geringer ist, je deutlicher die Wahrscheinlichkeit für den α-Fehler die Signifikanzgrenze übersteigt. Als Grenzwert für den α-Fehler wird hierfür das in der Statistik übliche Niveau von 25 Prozent angenommen, ab dem von einer β-Fehlerwahrscheinlichkeit von geringer als fünf Prozent ausgegangen werden kann.

Angewandt auf die Wahrscheinlichkeiten des Beispiels ergeben sich die in Tabelle J-4 aufgelisteten Aussagen hinsichtlich der Signifikanzen.

Merkmal	***Chi²-Test gegen Gleichverteilung*** ***Hypothese H_1: Versuchsergebnis μ_1 entspricht nicht einer Gleichverteilung μ_0, welche auf eine zufällige Zuordnung der Informationen zu den Kategorien schließen lässt.*** ***$H_1 : \mu_0 \neq \mu_1$***		***Chi²-Test gegen Expertenlösung*** ***Hypothese H_2: Versuchsergebnis μ_1 entspricht nicht der Expertenlösung μ_2.*** ***$H_2: \mu_1 \neq \mu_2$***		
	χ^2-Wert	*Wahrscheinlichkeit für α-Fehler*	*χ^2-Wert*	*Wahrscheinlichkeit für*	
				α-Fehler	*⇒ β-Fehler*
Information A	0,000	**< 5 %, signifikant**	0,960	> 25 %, nicht signifikant	**⇒ < 5 %, signifikant**
Information B	0,008	**< 5 %, signifikant**	0,769	> 25 %, nicht signifikant	**⇒ < 5 %, signifikant**
Information C	0,000	**< 5 %, signifikant**	0,601	> 25 %, nicht signifikant	**⇒ < 5 %, signifikant**
Information D	0,402	> 25 %, nicht signifikant	0,047	< 5 %, signifikant	⇒ > 5 %, nicht signifikant
Information E	0,180	> 5 %, nicht signifikant	0,195	> 5 %, nicht signifikant	⇒ > 5 %, nicht signifikant
Kategorie 1	0,000	**< 5 %, signifikant**	0,980	> 25 %, nicht signifikant	**⇒ < 5 %, signifikant**
Kategorie 2	0,000	**< 5 %, signifikant**	0,034	< 5 %, signifikant	⇒ > 5 %, nicht signifikant
Kategorie 3	0,019	**< 5 %, signifikant**	0,380	> 25 %, nicht signifikant	**⇒ < 5 %, signifikant**
Kategorie 4	0,102	> 5 %, nicht signifikant	0,867	> 25 %, nicht signifikant	**⇒ < 5 %, signifikant**

Tabelle J-4: Bewertung der α-Fehlerwahrscheinlichkeiten

Ergebnis

Bei dieser beispielhaften statistischen Auswertung der bei dem hypothetischen Versuch beobachteten Zuordnungen ergibt sich folgendes Resultat:

1. Die Zuordnung der Informationen A, B, C und der Kategorien 1 und 3 entsprechen signifikant der Expertenlösung und ebenfalls signifikant nicht einer Gleichverteilung.
2. Die Information D entspricht signifikant nicht der Expertenlösung. Hier ist beim Test gegen die Gleichverteilung die Wahrscheinlichkeit für einen α-Fehler so groß (> 25 Prozent), dass sich die β -Fehlerwahrscheinlichkeit gemäß der allgemein üblichen Annahme bereits auf signifikantem

Niveau befindet (< 5 Prozent). Das bedeutet, dass die Verteilung mit entsprechend hoher Signifikanz eine Gleichverteilung darstellt.

3. Die Auswertung von Information E liefert keine gesicherten statistischen Aussagen über Unterschiede oder Ähnlichkeiten mit den Vergleichsverteilungen, da sich die ermittelten Fehlerwahrscheinlichkeiten in einem statistischen Graubereich befinden, siehe obige Signifikanzniveaus.
4. Kategorie 2 entspricht signifikant weder einem Zufallsergebnis noch der Musterlösung.
5. Kategorie 4 kann zwar nicht signifikant von einem Zufallsergebnis unterschieden werden, entspricht aber signifikant der Musterlösung.

Interpretation

Um das Ergebnis interpretieren zu können, wird es an den beobachteten und vorgegebenen Verteilungen gespiegelt.

1. Die passenden Zuordnungen der Informationen A, B, C und der Kategorie 1 und 3 nähern sich anschaulich stark an die Expertenlösung stark.
2. Information D wurde von den Experten allen Kategorien zugeordnet und ist auch im Test durchweg von jeweils mehr als der Hälfte der Versuchspersonen entsprechend kategorisiert. Insofern besteht zwischen Gleichverteilung und Expertenlösung nur ein geringer Spielraum, wobei die Versuchswerte offensichtlich eher einer Gleichverteilung entsprechen. Dieses Ergebnis zeigt die Schwäche bei der Anwendung dieses Tests für den Fall, dass eine Information einem breiten Kategorienspektrum zuordenbar ist. Hier liefert der Test aber einen Hinweis darauf, dass die betroffene Information weiter differenziert oder eindeutiger formuliert werden sollte.
3. Auch bei der Information E liefert das unbestimmte Ergebnis der statistischen Analyse den Hinweis, dass hier genauer hingeschaut werden muss. Während sich die Versuchspersonen mit der Zuordnung von Information E zu den Kategorien 1, 3 und 4 relativ einig waren, gibt es bei der Zuordnung zu Kategorie 2 kein eindeutiges Ergebnis. Die Gründe dafür liegen wahrscheinlich in der Definition bzw. im Verständnis von Kategorie 2.
4. Das vierte Ergebnis verstärkt den Verdacht, dass es bei der Kategorie 2 vermehrt Zuordnungsprobleme gab, weshalb eine genauere Untersuchung dieser Kategorie in Betracht gezogen werden muss.
5. Das Ergebnis für Kategorie 4 rührt offensichtlich daher, dass hier Gleichverteilung und Expertenlösung wiederum aus statistischer Sicht so nahe beieinander liegen, dass mit dem Test keine schärfere Bestimmung möglich ist.

Um diejenigen Werte herauszufinden, bei denen aufgrund der Testmethodik keine eindeutigen Aussagen möglich sind, wird der Versuch unternommen, auch Gleichverteilung und Expertenlösung gegeneinander zu testen. Bei einem Test mit der Expertenlösung als beobachteten Wert gegen die Gleichverteilung als erwarteten Wert ergibt sich ein nicht signifikanter Unterschied bei den Informationen D und E, und bei der Kategorie 1. Während der Hinweis auf die Informationen D und E gerechtfertigt ist, macht der Hinweis auf Kategorie 1 keinen Sinn. Jedoch ergeben sich keine Hinweise auf die eigentlich kritischen Kategorien 2 und 4. Insofern liefert dieser Test keine sicheren Hinweise auf weniger aussagekräftige Kombinationen in der Informations-/Kategorie-Matrix.

Fazit

Diese Form der Auswertung liefert Anhaltspunkte über mögliche Mängel bei der Formulierung von Information oder bei der Definition von Kategorien und kann zur Optimierung der Erfassungsmethode (Verbesserung der Kategorien und der Informationsabfrage) oder zur Überprüfung der Ereignisberichte (Darstellung der Information) herangezogen werden.

Das Ergebnis der hier durchgeführten beispielhaften Auswertung lässt vermuten, dass offenbar bereits ein Test gegen die Gleichverteilung genügt, um kritische Informationen oder Kategorien herauszufiltern. Insofern scheint die Expertenlösung zwar nützlich, aber nicht unbedingt notwendig um brauchbare Hinweise auf einzelne Merkmale zu erhalten. Die Überprüfung dieser Vermutung ist jedoch nicht mehr Gegenstand dieser Arbeit.

ISBN 3-00-018287-X